

برهم کنش ویژگیهای روسازی راه و حجم ترافیک بر روی نرخ تصادفات جاده‌های دو خطه برون شهری

محمود عامری، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
محمود ملکوتی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
E-mail: ameri@iust.ac.ir

چکیده

این مقاله به ارتباط شاخص‌های روسازی راه‌های دوخطه برون شهری (خرابی روسازی، لغزندگی سطح روسازی و عرض جاده) و حجم ترافیک روزانه بر روی نرخ تصادفات و میزان پیش‌بینی آنها با استفاده از روش رگرسیون چندگانه می‌پردازد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی جداگانه هر یک از متغیرهای یاد شده و همچنین ارزیابی اثر توأم (برهم کنش) شاخص‌های روسازی و حجم ترافیک بر روی نرخ تصادفات است، که هر یک از متغیرهای فوق به صورت جداگانه مورد مطالعه قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: مدل تصادفات، برهم کنش، شاخص خرابی راه، عرض جاده، میانگین ترافیک روزانه، نرخ تصادف

۱. مقدمه

چهار دهه اخیر توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده‌اند. در این مقاله به ارتباط بین شاخص‌های روسازی راه‌های برون‌شهری بر روی میزان تصادفات و پیش‌بینی آنها با استفاده از روش رگرسیون چندگانه و همچنین اثر برهم کنش آنها پرداخته شده است.

۲. سابقه

اگر چه مطالعات زیادی وجود دارند که مسأله تخمین میزان تصادفات را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما بررسی این مطالعات نشان می‌دهند که در اکثر آنها، به عوامل مربوط به روسازی در تخمین تصادفات کمتر توجه شده است. پژوهشگران Ioannis Golias و G.Karlaftis Matthew با مطالعه بر روی تصادفات ایالت ایندیانا به روش رگرسیون درختی

ایمنی در تردد وسایل نقلیه یکی از اصولی‌ترین مبانی در مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در جهان است. رعایت نکردن اصول ایمنی در طراحی هندسی راه‌ها، نگهداری آنها و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک در کشور باعث شده است که در سالهای اخیر خسارات سنگینی بر جامعه وارد شود [۱]. هزینه بسیار زیاد تصادفات جاده‌ای در اکثر کشورها، بهبود وضع ایمنی جاده‌ها را به یک هدف بسیار مهم در مهندسی حمل‌ونقل تبدیل کرده است، به نحوی که مطالعات زیادی در ارتباط با عوامل اصلی مربوط به تصادفات جاده‌ای صورت گرفته‌اند [۲]. مهندسی حمل‌ونقل می‌بایست به تشخیص عواملی که به فراوانی تصادفات و یا شدت آنها مربوط می‌شود توجه خاصی داشته باشند تا ضمن بررسی طرح‌های بهبود ایمنی، محیط امن‌تری را برای رانندگان فراهم سازند. از این رو مدل‌های ایمنی جاده‌ها در

$$SVAR = 0.32(IRI)^{-0.73} (1 + H_C)^{3.9} (RHR)^{0.64} \quad (1)$$

$$SVAR = 0.32(PSI)^{1.49} (1 + H_C)^{4.78} (RHR)^{0.55} \quad (2)$$

$SVAR$ = نرخ تصادفات فردی (تعداد تصادفات در میلیون وسیله نقلیه. کیلومتر)

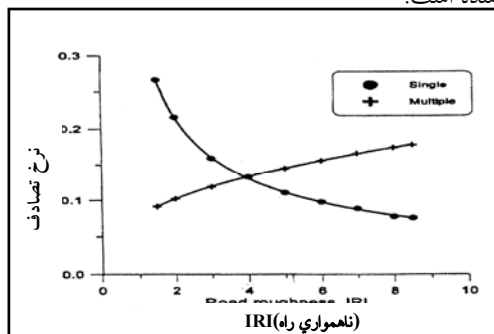
IRI = شاخص بین‌المللی ناهمواری

H_C = تعداد قوس‌های افقی با درجه قوس کمتر از ۵ در هر کیلومتر قطعه

PSI = شاخص خدمت‌دهی روسازی

RHR = میانگین نرخ حادثه‌پذیری حاشیه جاده

همان‌طور که در مدل‌های بالا مشاهده می‌شود به علت وابستگی شدیدی که بین دو متغیر $International\ Roughness\ Index$ (IRI), $Present\ Serviceability\ Index$ (PSI) وجود دارد از بین این دو متغیر فقط یکی از آنها به عنوان متغیر مستقل در تحلیل‌های $Al-Masied$ وارد شده است. $Al-Masied$ همچنان نشان داد که نگهداشتن رویه در PSI بالاتر از ۲/۸ یا IRI کمتر از ۵ m/km باعث می‌شود که از میزان تصادفات به مقدار قابل توجهی کاسته شود [۶]. $Karan$ و همکارانش اثر ناهمواری رویه را بر روی میزان تصادفات فردی و چندگانه به طور جداگانه مورد مطالعه قرار دادند [۷]. مطالعات این پژوهشگران نشان می‌دهد که توجه و احتیاط بیشتری که رانندگان در هنگام رانندگی بر روی سطوح ناهموار دارند عامل مهمی در کاهش نرخ تصادفات فردی نسبت به نرخ تصادفات چندگانه است. علاوه بر آن، این مطالعات نشان می‌دهند که علت افزایش نرخ تصادفات چندگانه در جاده‌های ناهموار، افزایش تحرکات عرضی و جانبی وسایل نقلیه برای پرهیز از برخورد با ناهمواریها و خرابیهایی است که در سطح رویه روسازی راه ظاهر شده‌اند. شکل (۱) تأثیر ناهمواری رویه را بر روی نرخ تصادفات نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش IRI از میزان تصادفات فردی کاسته شده، اما بر میزان تصادفات چندگانه افزوده شده است.



شکل ۱. رابطه بین نرخ تصادفات و ناهمواری روسازی [۶]

دریافتند که برای راه‌های دوخطه برون شهری به ترتیب اهمیت $Average\ Annual\ Daily\ Traffic$ (AADT) و عرض جاده، شاخص خدمت‌دهی روسازی و اصطکاک سطح روسازی مهم‌ترین عوامل بروز تصادفات جاده‌ای بوده‌اند، در صورتی که در راه‌های چند خطه، به ترتیب اهمیت، $ADDT$ ، عرض میانه، اصطکاک سطح روسازی، عرض جاده و شاخص خدمت‌دهی روسازی‌ها، مهم‌ترین عوامل بروز تصادفات بوده‌اند [۳]. $P. Akungor\ Ali$ و $Osman\ Yildiz$ حساسیت متغیرهای مدل پیش‌بینی تصادفات پیشنهادی $Zegeer$ و همکاران را مورد مطالعه قرار دادند [۴]. در این مطالعه حساسیت متغیرهای $ADT\ Average\ Daily\ Traffic$ (حجم ترافیک روزانه)، W (عرض جاده)، PA (عرض شانه راه) و H (عرض میانه)، به صورت منفرد، و بر هم کنش آنها ($ADT-W$ ، $ADT-PA$ و $ADT-H$) به صورت توأم مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات آنها نشان داد که مهم‌ترین پارامتر مؤثر در بروز تصادفات به ترتیب ADT و سپس PA, W و H هستند که سه پارامتر یادشده دارای اهمیت ثانویه‌اند [۴]. $Tarko$ و $Karlfits$ با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از ایالات واشنگتن و مینه سوتا اثر پهنای خط عبور، شانه راه، خطرپذیری حاشیه جاده و حجم ترافیک بر روی تصادفات را مورد مطالعه قرار دادند [۵]. آنها با استفاده از رگرسیون دو جمله‌ای منفی دریافتند که در مسیرهای مستقیم، به ترتیب اهمیت، میانگین ترافیک روزانه، پهنای خط عبور، پهنای شانه راه و میزان حادثه‌پذیری حاشیه جاده، بیشترین نقش را در وقوع تصادفات داشته، در حالی که در تقاطعات، میانگین ترافیک روزانه، مهم‌ترین عامل در وقوع تصادفات است [۵]. $Al-Masied$ و همکاران در مطالعاتی که بر روی ۱۱۳ کیلومتر از جاده‌های دوخطه اصلی برون شهری در کشور اردن انجام دادند، تأثیر ناهمواری و خرابی‌های روسازی بر روی تصادفات را مورد بررسی قرار دادند [۶]. در این مطالعه، با استفاده از یک پایگاه اطلاعاتی حاوی اطلاعات مربوط به ناهمواری و خرابی‌های روسازی و تصادفات، اثر پارامترهای وضعیت روسازی بر تصادفات فردی و چندگانه مورد بررسی گرفته‌اند. نتایج تحلیل آماری و رگرسیون آنها نشان دادند که وضعیت روسازی اثر قابل توجهی بر روی میزان تصادفات فردی و چندگانه دارد. مدل پیشنهاد شده توسط $Al-Masied$ برای تصادفات فردی در کشور اردن به شکل زیر ارائه شده است [۶]:

۳-۲ مراحل تحقیق

در این تحقیق برای مطالعه پارامترهای یاد شده بر روی نرخ تصادفات برون شهری یک روش صحرایی انتخاب شد که مراحل اجرای آن به شرح زیر است:

- ۱- بررسی و تحلیل فرم‌های ثبت اطلاعات تصادفات و محاسبه نرخ تصادفات در محورهای مختلف برون‌شهری.
- ۲- بازدید کلی از جاده‌ها و شناسایی محورها و قطعات انتخاب شده در مرحله ۱.
- ۳- اندازه‌گیری ضریب اصطکاک در محل‌های انتخاب شده با استفاده از دستگاه پاندول انگلیسی.
- ۴- به دست آوردن شاخص وضعیت روسازی (PCI) در قطعات انتخاب شده.
- ۵- جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از جاده‌ها به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارایه مدل (نظیر حجم ترافیک، عرض جاده).
- ۶- ارایه مدل تصادفات با استفاده از پارامترهای سنجیده شده در قطعات و داده‌های جمع‌آوری شده.

۳-۳ تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌های ثبت اطلاعات تصادفات

برای تجزیه و تحلیل تصادفات از اطلاعات ۴ ماهه تصادفات استان بوشهر استفاده شد که بیش از ۴۰۰ فرم ثبت اطلاعات تصادفات مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در زیر آمده است:

- ۱- درصد تصادفات در روز تقریباً دو برابر درصد تصادفات در شب است.
- ۲- بیشترین درصد تصادفات در ساعت ۱۵ الی ۲۰ رخ داده است، در حالی که کمترین تصادفات در ساعت ۳ الی ۶ بامداد رخ داده است.
- ۳- وسایل نقلیه سواری بیشترین درصد تصادفات در استان بوشهر را به خود اختصاص داده‌اند.
- ۴- رانندگان با سن ۲۰ تا ۲۹ و ۳۰ تا ۳۹ سال بیشترین تعداد تصادفات را داشته‌اند.
- ۵- بیشترین علت تامه تصادفات به ترتیب انحراف به چپ، رعایت نکردن حق تقدم و ناتوانی در کنترل وسیله نقلیه بوده است.
- ۶- بی‌دقتی و بی‌توجهی رانندگان، بیشترین درصد خطای رانندگان مقصر در تصادفات بوده است.

با بررسی مطالعات قبلی و مذکور استنباط می‌شود که حجم ترافیک، شرایط روسازی و عرض خط عبور از عوامل مؤثر در بروز تصادفات در جاده‌های بین شهری هستند.

پژوهشگران Zegeer و Council اثرات طرح هندسی جاده، نظیر عرض خط عبور، نوع شانه و میانه راه را بر روی تصادفات مورد بررسی قرار دادند [۸]. در این تحقیق اطلاعات مربوط به ۸۰۵۰ کیلومتر از جاده‌های دوخطه اصلی از ۷ ایالت آمریکا به همراه آمار تصادفات جمع‌آوری شد [۸]. نتایج این مطالعه نشان دادند که تعریض خط عبور باعث می‌شود که نزدیک به ۴۰٪ از تصادفات ترافیکی در راه‌های برون‌شهری کاهش یابد، اما تعریض شانه باعث می‌شود که ۴۹٪ از تصادفات مربوطه کاهش یابند.

پژوهشگران: Bared و Vogt نیز با بررسی تعداد تصادفات در جاده‌های دوخطه برون شهری، مدل‌های مختلفی را که با تنوعی از متغیرها برای شرایط گوناگون قسمت‌های جاده و همچنین تقاطعها و شدت‌های مختلف تصادف بودند، ارایه کردند [۹]. مدل‌سازی این مطالعات نشان داد که بیشترین آمار تصادفات در جاده‌های برون‌شهری در کشورهای آمریکا و انگلستان به دلیل استفاده از مشروبات الکلی، عدم آشنایی به مسیر تردد و کاهش عملکرد راننده در کنترل وسیله نقلیه بوده است.

۳.۳ مراحل تحقیق، برداشت‌های میدانی، داده‌های حاصله

در این تحقیق برای مطالعه ویژگی‌های رویه راه از جمله میزان خرابی راه و لغزندگی سطح جاده بر روی میزان تصادفات برون‌شهری از یک مطالعه میدانی در سطح جاده‌های برون‌شهری استفاده شده است.

۳-۱ محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در این تحقیق، محورها و راه‌های اصلی دو خطه و بعضی از راه‌های فرعی استان بوشهر است.

راه‌های موجود در استان بوشهر در حال حاضر به غیر از راه‌های روستایی بالغ بر ۱۶۸۸۰ کیلومتر است که مجموع این راه‌ها با مشخصات بزرگراه، راه اصلی، راه فرعی درجه یک و دو، در حوزه استحفاظی اداره کل راه و ترابری استان بوشهر قرار دارد. در این استان، تراکم راه در هر ۱۰۰ کیلومتر مربع معادل ۶/۶۶ کیلومتر است.

۴. ایجاد مدل

در این تحقیق برای بررسی رابطه موجود بین AR (نرخ تصادفات) و ویژگیهای سطح رویه آسفالتی، شاخصهای عدد مقاومت لغزندگی (SN)، خرابی آسفالت، عرض رویه و ترافیک مورد بررسی قرار گرفته و تحلیل شده است.

رگرسیون چندگانه فرایند ساخت یک معادله خطی از یک متغیر وابسته به چند متغیر مستقل (رگرسیون) است. برای این منظور از نرم افزار SPSS استفاده شده است. با در نظر گرفتن مدل‌های مختلف و انجام آزمونهای آماری بر روی آنها مدل ریاضی به نحوی که در رابطه (۴) ارایه شده، پیشنهاد شده است [۱۱].

(۴)

$$ARI = 0.00709 PCI^{-0.00679} \cdot SN^{-0.665} \cdot RW^{-5.379} \cdot ADT^{2.063}$$

AR: نرخ تصادفات در قطعات (تعداد تصادف در کیلومتر در ۴ ماه) متغیرهای مستقل:

PCI: شاخص خرابی رویه

SN: عدد مقاومت لغزندگی

RW: عرض جاده (متر)

ADT: میانگین ترافیک روزانه

۵. برهم کنش متغیرهای مدل پیشنهادی

برهم کنش متغیرها اثر توأم متغیرها را بر روی نرخ تصادفات نشان می‌دهد. برای این منظور از نرم‌افزار Mathematica استفاده شده است.

۵-۱ برهم کنش SN و ADT

در صورت ثابت نگهداشتن متغیرهای PCI و RW، رابطه (۴) به صورت $K1 = SN^{-0.665} \cdot ADT^{2.063}$ که در آن

$$K1 = \frac{AR}{0.00709 PCI^{-0.00679} \cdot RW^{-5.379}}$$

شکل (۲) روند تغییرات K1 را در برابر تغییرات SN و ADT در معادله بالا نشان می‌دهد. همان طور که در شکل (۲)

مشاهده می‌شود، اثر توأم افزایش لغزندگی سطح جاده و حجم ترافیک باعث افزایش نرخ تصادفات می‌شود و در حجمهای ترافیک و لغزندگی کم سطح روسازی، میزان نرخ تصادفات بسیار کمتر می‌شود. شکل (۲) همچنین نشان می‌دهد که در ADT بزرگ‌تر از ۳۰۰۰، کاهش لغزندگی اثر قابل ملاحظه‌ای در کاهش نرخ تصادفات دارد.

۷- بیشترین درصد تصادفات در راههای بدون شانه رخ داده است (۰/۴۴/۵)، در حالی که جاده‌هایی که دارای شانه تا عرض یک متر بوده‌اند، دارای تعداد تصادفات کمتری بوده‌اند (۰/۲۴/۱).

۸- افزایش عرض شانه راه به بیش از یک متر، تأثیر چندانی در کاهش میزان تصادفات ندارد.

۹- بیشترین تصادفات در مسیرهای مستقیم رخ داده‌اند.

۱۰- وجود چاله و ناهمواری، یکی از عوامل بروز تصادفات بوده، به طوری که ۱۱٪ تصادفات در جاده‌های دارای ناهمواری و چاله رخ داده است.

۳-۴ انتخاب مسیر به منظور برداشت اطلاعات

با استفاده از نتایج تحلیل پرسشنامه‌های ثبت اطلاعات تصادفات، محورهایی که برای سنجش اصطکاک و PCI، انتخاب شده‌اند در جدول (۱) آورده شده است.

۳-۵ تجهیزات مورد استفاده

به منظور ارزیابی میزان خرابی و لغزندگی در قطعات انتخاب شده تاکنون روشهای متعددی در قالب مطالعات میدانی و یا انجام آزمایش‌های محلی ارایه شده است. با توجه به مشکلات موجود در این زمینه اعم از ایمنی و دسترسی به تجهیزات برای ارزیابی خرابیهای روسازی، از بین روشهای موجود، روش PCI که در ایران مرسوم بوده و بیشتر متکی بر نیروی انسانی است، مورد استفاده قرار گرفته است. برای تعیین اصطکاک سطح جاده‌ها (Skid Number) از دستگاه موسوم به آونگ انگلیسی و برای تعیین طول هر قطعه و انجام مطالعات آماری برای محاسبه PCI از دستورالعمل شماره ۶۴۳۳ مندرج در نشریه ASTM سال ۲۰۰۲ میلادی استفاده شده است [۱۰].

۳-۶ داده‌های حاصل از انجام آزمایش آونگ انگلیسی و ارزیابی PCI در قطعات

پس از انجام آزمایش به روشهای مذکور در قطعات، داده‌های زیر حاصل شدند. جدول (۱) داده‌های حاصل از آزمایش تعیین عدد مقاومت لغزندگی و PCI به همراه سایر اطلاعات برداشت شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱. داده‌های حاصل از آزمایش آونگ انگلیسی، ارزیابی PCI، نرخ تصادفات، ADT، RW، در محورهای مختلف استان

شماره قطعه	نام محور	مبدأ- مقصد	نوع راه	طول مسیر (km)	عرض مسیر (Rw)	ترافیک (ADT)	تعداد تصادف در محور در ۴ ماه (NA)	تصادف در ۴ کیلومتر در ماه (ARI)	میلیون تصادف وسیله نقلیه کیلومتر در ۴ ماه (AR2)	شاخص خرابی PCI	مقاومت لیزندگی SN
۱	بوشهر- برازجان	سهراب عیسوند-برازجان	اصلی	۲۰	۷/۳	۶۲۹۴	۱۸	-۰/۹	۱/۱۹۱	۹۰	۵۶/۲
۲	برازجان-کنارخته	برازجان-دالکی	اصلی	۵۵	۷/۳	۴۰۹۹	۱۲	-۰/۲۱۸	-۰/۴۴۲	۹۰	۵۲/۴
۳	بوشهر- نیروگاه اتمی	بوشهر- نیروگاه اتمی	فرعی	۱۶	۶	۲۰۵۰	۶	-۰/۴۳۷۵	۱/۶۵۸	۳۳	۳۶/۵
۴	برازجان- گناوه	برازجان- گناوه	اصلی	۷۷	۷/۳	۲۸۰۰	۱۵	-۰/۱۹۴۸	-۰/۵۷۹۷	۲۵	۳۹/۶
۵	گناوه- دیلم	گناوه- کد ۳۵ دیلم	اصلی	۱۵	۶/۲۰	۲۵۱۷	۳	-۰/۲	-۰/۶۶۲	۳۴	۳۷/۹
۶	دیلم- پهبان	دیلم- سهراب عامری	اصلی	۲۱	۷/۳	۲۳۲۴	۲	-۰/۴۷۶	-۰/۱۷۰۷	۲۸	۵۱/۲
۷	چغادک- اهرم	چغادک- اهرم	اصلی	۲۷	۷/۳	۲۲۰۲	۲	-۰/۰۴	-۰/۲۸۰۳	۵۸	۳۷/۳
۸	اهرم- خورموج	اهرم- خورموج	اصلی	۴۵	۷/۲	۳۴۵۲	۵	-۰/۱۴۲۸	-۰/۳۴۳۸	۸۰	۵۲/۴
۹	خورموج- سهرابی دیر	خورموج- سهرابی دیر	اصلی	۱۱۵	۷	۱۷۸۳	۹	-۰/۰۷۸۲	-۰/۲۵۲۲	۴۸	۴۵/۵
۱۰	سهرابی دیر- کنگان	سهرابی دیر- کنگان	اصلی	۱۴	۷/۳	۲۱۲۳	۲	-۰/۱۴۲۸	-۰/۸۶۰	۹۰	۵۴/۲
۱۱	کنگان- عسلویه	کنگان- روستای سهو شمالی	اصلی	۱۱۰	۷	۲۰۲۲	۲۶	-۰/۲۳۶	-۰/۹۷۴	۳۲	۴۸/۵
۱۲	سهرابی دیر- دیر	سهرابی دیر- دیر	اصلی	۱۱	۶	۱۶۳۲	۲	-۰/۱۱۸۱۸	۱/۱۲۵	۶۴	۳۹/۱
۱۳	برازجان- اهرم	برازجان- سهرابی اهرم	اصلی	۴۸	۶	۱۱۲۸	۳	-۰/۰۶۲۵	-۰/۴۶۱۷	۹۰	۵۳/۶
۱۴	بردخون- سهرابی بردخون	بردخون- سهرابی بردخون	اصلی	۲۳	۶	۱۱۹۸	۱	-۰/۰۴۲	-۰/۳۰۲	۵۴	۳۶/۴
۱۵	بوشکان- تنگ ارم	دهرود- تنگ ارم	فرعی	۲۴	۶	۸۸۵	۱	-۰/۰۴۱۶	-۰/۳۹۳۳	۱۴	۳۴/۵
۱۶	اهرم- بوشکان	اهرم- به طرف فراشید	اصلی	۱۲۰	۶/۲	۷۵۰	۲	-۰/۰۱۶۶	-۰/۱۸۵	۷۱	۵۹/۸
۱۷	دلوار- رستمی	سه راهی دلوار- رستمی	فرعی	۶۵	۷	۱۲۹۸	۳	-۰/۰۴۶	-۰/۲۹۶	۷۸	۵۷/۴
۱۸	اهرم- دلوار	اهرم- دلوار	فرعی	۲۲	۶/۲۰	۱۸۲۸	۴	-۰/۱۸۱۸	-۰/۸۲۸	۵۶	۳۶/۸
۱۹	دیلم	کد ۳۵ دیلم- دیلم	اصلی	۳۵	۷/۳	۲۵۱۷	۶	-۰/۱۷۱۴	-۰/۵۶۷۵	۹۰	۵۲/۸
۲۰	دلوار- بوشهر	دلوار- بوشهر	اصلی	۲۵	۷	۱۶۲۵	۳	-۰/۰۸۵۷	-۰/۴۳۹۵	۷۲	۵۴/۴
۲۱	بردخون- جاشک	بردخون- جاشک	فرعی	۴۵	۶/۲	۱۰۲۰	۱	-۰/۰۲۲۲۲	-۰/۱۸۱۵	۵۴	۴۸/۹

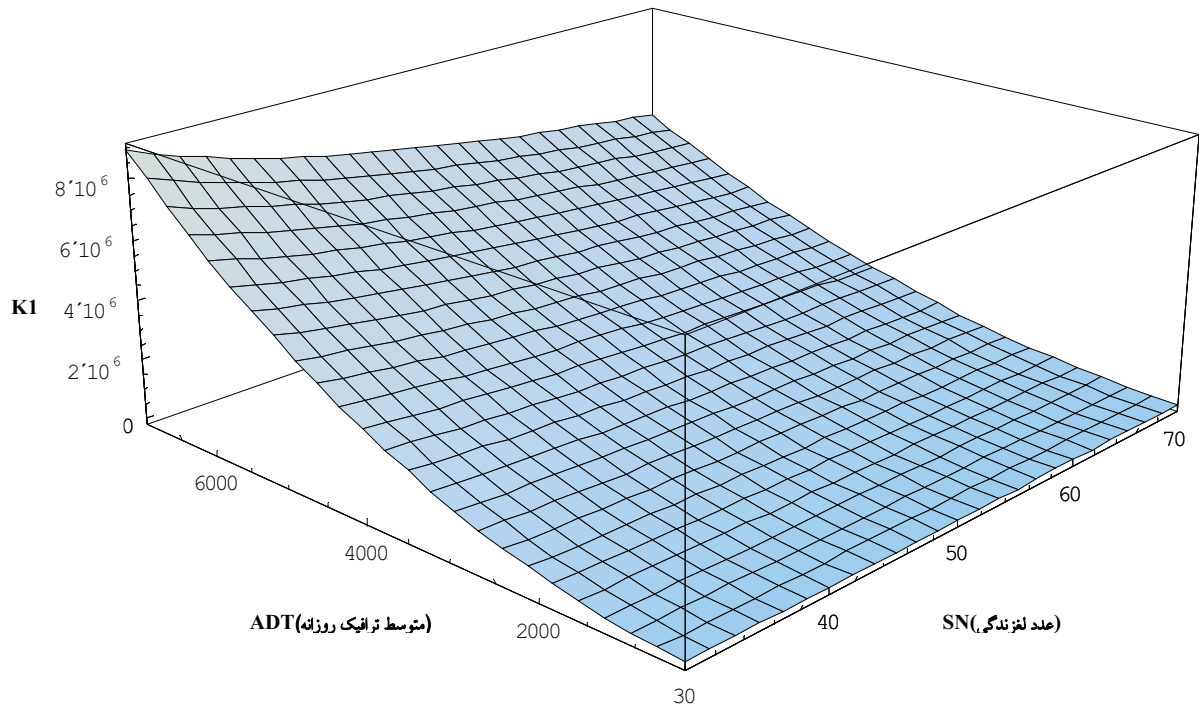
۲-۵ برهم کنش ADT و PCI

در صورت ثابت نگهداشتن متغیرهای SN و RW رابطه (۴) به صورت $K2 = PCI^{-0.00679} \cdot ADT^{2.063}$ که در آن

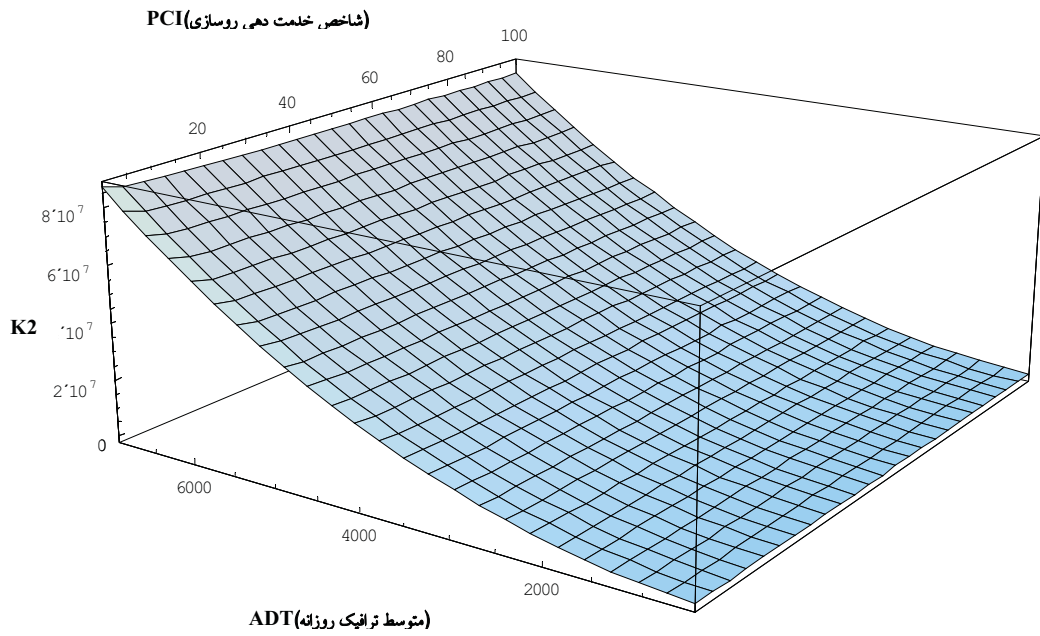
$$K2 = \frac{AR}{0.00709 SN^{-0.665} \cdot RW^{-5.379}}$$

شکل (۳) روند تغییرات K2 را در برابر تغییرات PCI و ADT را در معادله بالا نشان می‌دهد. همان طور که در شکل (۳)

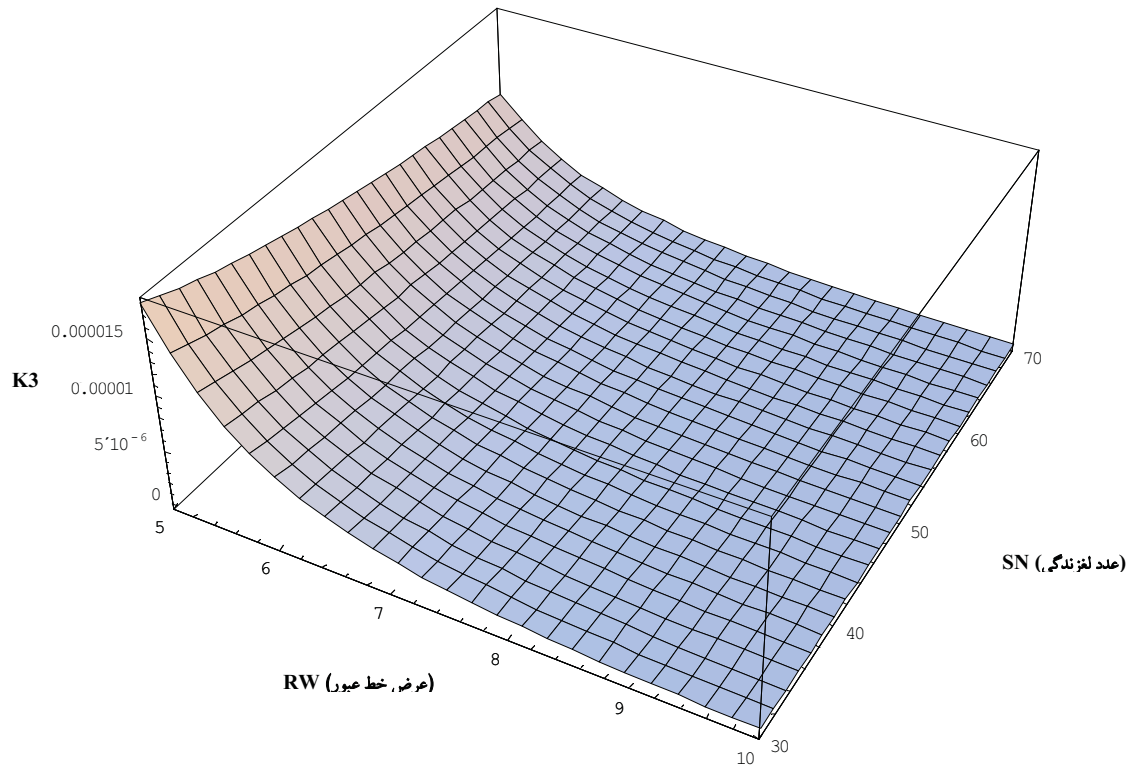
مشاهده می‌شود، شیب تغییرات K2، با کاهش خرابی سطح روسازی، برای مقادیر مختلف حجم ترافیک ثابت است. این به این مفهوم است که اثر توأم کاهش خرابی سطح روسازی و افزایش حجم ترافیک اثر محسوسی بر روی نرخ تصادفات ندارد و این به دلیل اهمیت زیاد ADT نسبت به PCI در بروز تصادفات است.



شکل ۲. اثر برهم کنش لغزندگی راه و حجم ترافیک روزانه بر روی نرخ تصادفات



شکل ۳. اثر برهم کنش خرابی راه و حجم ترافیک روزانه بر روی نرخ تصادفات



شکل ۴. اثر برهم کنش لغزندگی راه و عرض جاده بر روی نرخ تصادفات

۵-۳ برهم کنش RW و SN

در صورت ثابت نگهداشتن متغیرهای PCI و ADT رابطه

$$(۴) \text{ به صورت } K3 = RW^{-5.379} \cdot SN^{-0.665} \text{ که در آن}$$

$$K3 = \frac{AR}{0.00709 \cdot ADT^{2.063} \cdot PCI^{-0.00679}} \text{ است.}$$

شکل (۴) روند تغییرات $K3$ در برابر تغییرات RW و SN را در معادله بالا نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، اثر توأم افزایش لغزندگی سطح جاده و کاهش عرض خط عبور، باعث افزایش نرخ تصادفات می‌شود و در خطوط عبور با عرض بیشتر و لغزندگی کم سطح روسازی، میزان نرخ تصادفات بسیار کمتر می‌شود. شکل (۴) همچنین نشان می‌دهد که در خط عبور با عرض کمتر از ۷ متر، کاهش لغزندگی اثر قابل ملاحظه‌ای در کاهش نرخ تصادفات دارد.

۵-۴ برهم کنش RW و PCI متغیر

در صورت ثابت نگهداشتن متغیرهای SN و ADT رابطه (۴)

$$\text{به صورت } K4 = RW^{-5.379} \cdot PCI^{-0.00679} \text{ که در آن}$$

$$K4 = \frac{AR}{0.00709 \cdot ADT^{2.063} \cdot SN^{-0.665}} \text{ است.}$$

شکل (۵) روند تغییرات $K4$ در برابر تغییرات PCI و RW را در معادله بالا نشان می‌دهد. از آنجا که در تمام مقادیر مختلف PCI ، شیب تغییرات $K4$ با تغییرات RW ، ثابت است، می‌توان نتیجه گرفت که اثر توأم کاهش خرابی سطح روسازی و کاهش عرض خط عبور، اثر محسوسی بر روی نرخ تصادفات ندارد و این به دلیل اهمیت زیاد RW نسبت به PCI در بروز تصادفات است.

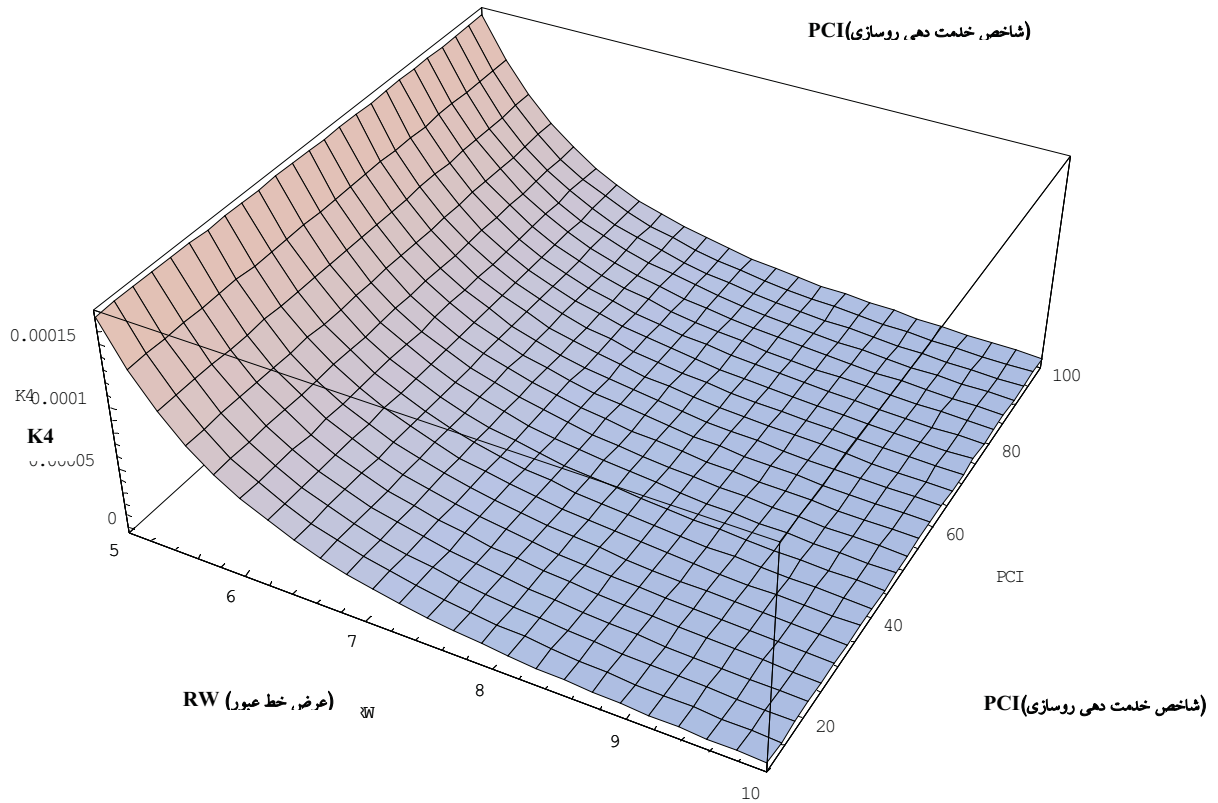
۵-۵ برهم کنش PCI و SN

در صورت ثابت نگهداشتن متغیرهای RW و ADT رابطه (۴) به صورت

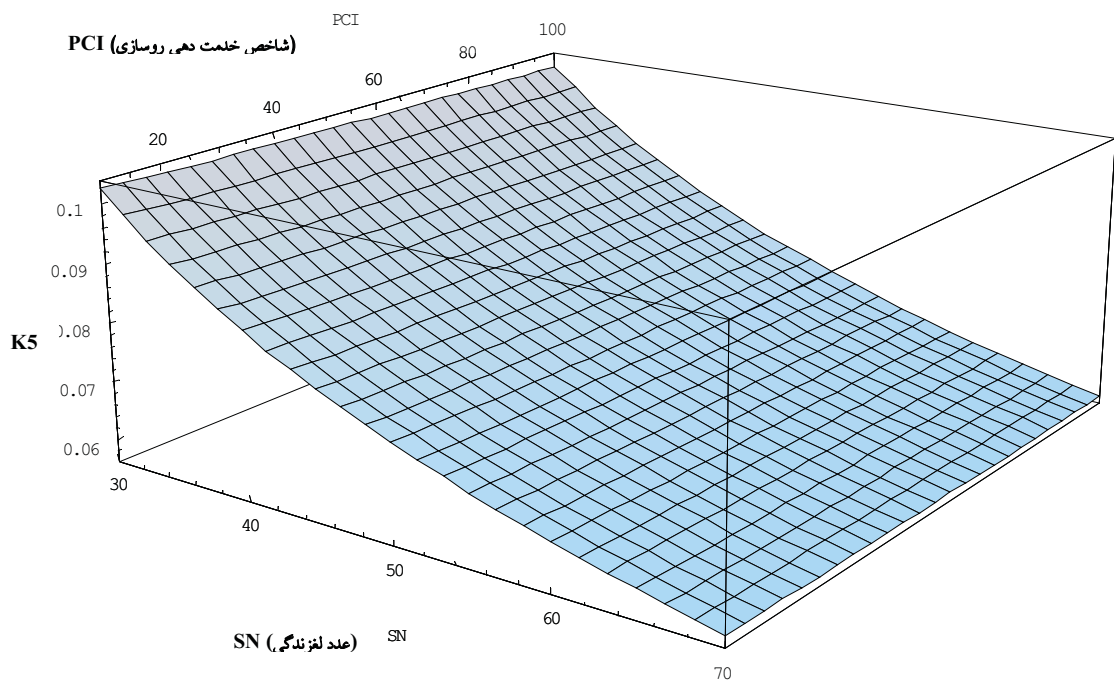
$$K5 = SN^{-0.665} \cdot PCI^{-0.00679} \text{ که در آن}$$

$$K5 = \frac{AR}{0.00709 \cdot ADT^{2.063} \cdot RW^{-5.379}} \text{ است.}$$

شکل (۶) روند تغییرات $K5$ را در برابر تغییرات SN و PCI را در معادله بالا نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل (۶) نشان می‌دهد اثر توأم کاهش PCI و افزایش لغزندگی سطح روسازی، نرخ تصادفات را اندکی افزایش می‌دهد و این اثر در جاده‌های با لغزندگی بیشتر محسوس است.



شکل ۵. اثر برهم کنش خرابی راه و عرض جاده روزانه بر روی نرخ تصادفات



شکل ۶. اثر برهم کنش لغزندگی راه و خرابی راه بر روی نرخ تصادفات

۵-۶ برهم کنش ADT و RW

($ADT \leq 3000$) ضریب لغزندگی بیشترین تأثیر را در بروز تصادفات دارد، در صورتی که در جریان ترافیک زیاد ($ADT \geq 3000$) اثر عرض جاده در بروز تصادفات بیشتر است.

در صورت ثابت نگهداشتن متغیرهای SN و PCI رابطه (۴) به صورت $K6 = RW^{-5.379} \cdot ADT^{2.063}$ که در آن $K6 = \frac{AR}{0.00709 \cdot ADT^{2.063} \cdot RW^{-5.379}}$ است.

شکل (۷) روند تغییرات $K6$ را در برابر تغییرات ADT و RW را در معادله بالا نشان می‌دهد. شکل (۷) نشان می‌دهد که اثر توأم کاهش عرض خط عبور و افزایش حجم ترافیک، نرخ تصادفات با شیب زیادی افزایش می‌یابد.

۶. نتایج

۱. در راههای دوخطه برون‌شهری برای جریان ترافیک کم، ضریب لغزندگی بیشترین اهمیت را در بروز تصادفات دارد، در صورتی که در جریان ترافیک زیاد اثر عرض جاده مهم تر است. این موضوع را می‌توان به این صورت تفسیر کرد که در حجم ترافیک کم، سرعت جریان بیشتر و اثر لغزندگی مهم تر است، در صورتی که در حجم ترافیک بالا، وسیله نقلیه از جریان ترافیک جهت مخالف تأثیر گرفته و بنابراین عرض جاده یک عامل مهم است.

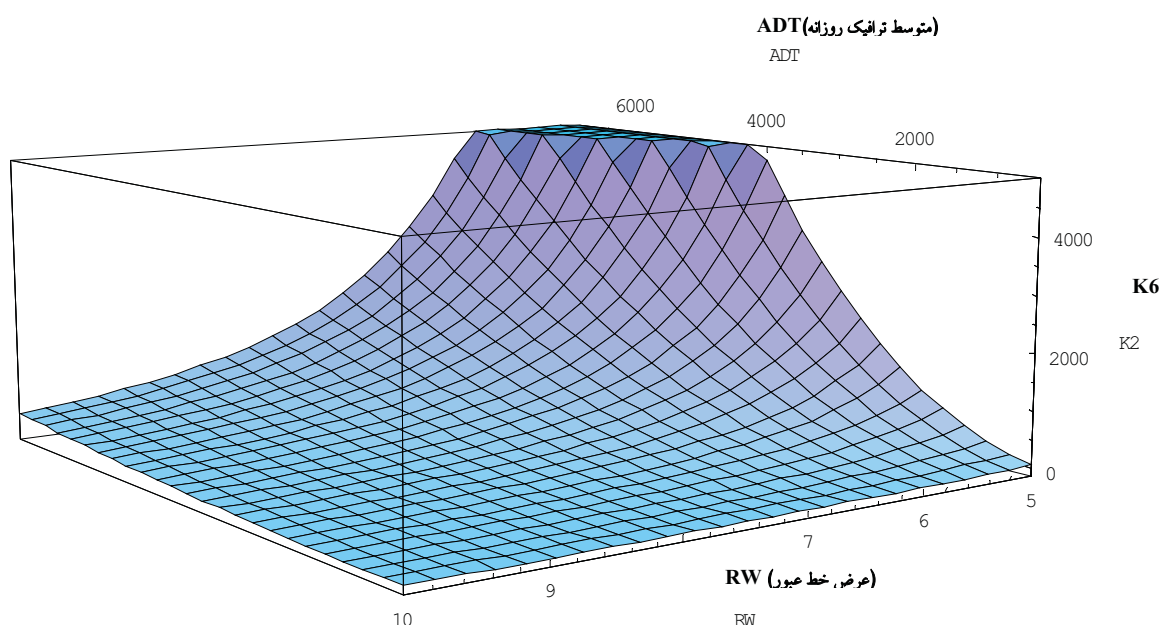
۲. به طور کلی در راههای دوخطه برون‌شهری، اثر کاهش لغزندگی در کم کردن نرخ تصادفات از اثر کاهش خرابی بیشتر است.

۳. در جاده‌های دوخطه برون‌شهری عرض جاده (RW)، متغیری با بیشترین اهمیت بعد از AADT است و سپس لغزندگی و خرابی روسازی عاملهای بعدی از شرایط روسازی هستند که در بروز تصادفات تأثیرگذارند.

۵-۷ تحلیل نمودارها

با مقایسه منحنی‌های (۲) و (۳) مشاهده می‌شود که هم در حجم ترافیک پایین ($ADT \leq 3000$) و هم در حجم ترافیک بالا ($ADT \geq 3000$) اثر کاهش لغزندگی در کاهش نرخ تصادفات، از اثر کاهش خرابی بیشتر است. به عبارت دیگر لغزندگی سطح روسازی بیشتر از خرابی سطح روسازی در کاهش نرخ تصادفات تأثیرگذار است.

با مقایسه منحنی‌های (۴) و (۵) مشاهده می‌شود که در روسازی‌های با عرض جاده بیشتر ($RW \geq 7$) اثر کاهش لغزندگی در کم کردن نرخ تصادفات از اثر کاهش خرابی بیشتر است، اما در عرض کم ($RW \leq 7$) بین کاهش لغزندگی و کاهش خرابی در کاهش تصادفات اثر محسوسی مشاهده نمی‌شود. با مقایسه منحنی‌های (۲) و (۸) مشاهده می‌شود برای جریان ترافیک پایین



شکل ۷. اثر برهم کنش عرض جاده و حجم ترافیک روزانه بر روی نرخ تصادفات

۷. مراجع

6. Al-Masaeid, H.R (1997) "Impact of pavement condition on rural road accidents", Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 523-532.

7. Karan, M.A., Haas, R. and Kher, R. (1976) "Effect of pavement roughness on vehicle speeds", Transportation Research Record, No. 602.

8. Zegeer, C.V. and Council, F.M. (1995) "Safety relationships associated with roadway elements", Transportation Research Record, No. 1512.

9. Vogt, A., Bared, J.(1999) "Accident model for two-lane rural segment and intersection", Transportation Research Record, No. 1635.

10. ASTM D 6433-03, "Practice for roads and parking lots pavement condition index surveys".

۱۱. عامری، محمود، شفا بخش، غلامعلی، نوبخت، شمس و ملکوتی، محمود (۱۳۸۴) "مدل ریاضی تصادفات جاده‌های دو خطه برون شهری استان بوشهر با توجه به ویژگیهای رویه راه"، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۲، ص. ۱۳-۱.

۱. دانشگاه علم و صنعت (۱۳۸۱) "برنامه قطب علمی ایران"، تهران: گروه راه و ترابری و مهندسی برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت.

2. Greibe, Paul (2003) "Accident prediction models for urban roads", Accident Analysis and Prevention, No.35.

3. Karlaftis, Mathew G. K. and Golias, Ioannis (2002) "Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates", Accident Analysis and Prevention, No.34.

4. Akgungor. Ali, P.and Yildiz, Osman (2007) "Sensitivity analysis of an accident prediction model by the frictional factorial method", Accident Analysis and Prevention, No.39.

5. Karlaftis, M.G. Tarko, A. (1998) "Heterogeneity considerations in accident modeling", Accident Analysis and Prevention, No.30 (4).

Interaction of Road Surface Characteristics and Traffic Volumes on the Accident rate of Two-lane Rural Roadways

M. Ameri, Associate professor, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

M. Malakouti, Department of Civil Engineering, Persian Gulf University, Boushehr, Iran.

E-mail: ameri@iust.ac.ir

ABSTRACT

Safety of roads is one of the most important aspects of traffic and transportation planning in the world. The high expenditures imposed to the societies due to accidents have made the safety of roads a very significant objective in traffic engineering issues. This paper studies the interaction between the pavement index of rural two lane roadways (the destruction of pavement, the skid effect and the road width) and the daily traffic volume effect on the rate of accidents and their prediction by multiple regression models. The results of this research show that:

1. In rural two- lane roadways the skid coefficient is the most important factor in occurrence of accidents, in low traffic situations, while in high traffic hours the effect of road width is more significant. This issue may be interpreted in this way that in low traffic volume, the speed of vehicles is higher and thus the skid effect is more significant, while at the same time, in high traffic situations the vehicles are influenced by the speed of the adverse side vehicles and thus the width of the roadway becomes more important.
2. Generally speaking, in rural two lane roadways, the skid reduction effect in reduction of accidents is more important in reduction of accident rate as compared to that of destruction of the roads pavements
3. In two lane rural roadways, the road width is the most important variable after AADT (Average Daily Traffic) and the skid and then destruction of pavements are amongst the most important factors in accidents rate, accordingly.

Keywords: Accident model, accident rates, interaction, average daily traffic, road width, skid resistance, pavement condition index