ارایه مدل پیش بینی واژگونی ناشی از خروج از جاده با استفاده از شاخص خطر حاشیه راه

نصیر برادران رحمانیان، کارشناس ارشد، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران
شاهین شعبانی، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران، ایران
E-mail: nb_rahmani@rahiran.ir

چکیده

با توجه به تعداد روزافزون تصادفات جاده‌ای کشور، به ویژه تصادفات ناشی از خروج از راه و به تبع آن افزایش تعداد قربانیان ناشی از این گونه حوادث، پرداختن به مسئله ایمنی حاشیه راه از اهمیت بسیاری برخوردار است. امروزه داشتن مدل مناسبی که وضعیت ایمنی حاشیه راه را با ارایه و پیش بینی تعداد این گونه تصادفات نمایان سازد،می‌تواند مبنای مناسبی برای اعمال مدیریت حوادث ناشی از خروج از جاده باشد. در این تحقیق سعی شده تا با شناسایی و ارایه مدل مناسب پیش بینی تعداد خروج از جاده‌های منجر به واژگونی در محورهای مورد مطالعه، پارامترهای تأثیر گذار در ایمنی حاشیه راه و تعامل آنها با میزان تصادفات واژگونی مشخص شود.

واژه‌های کلیدی: انحراف از مسیر، تصادفات خروج از جاده‌ای، مدلهای پیش بینی، واژگونی وسیله نقلیه

۱. مقدمه

امروزه انحراف وسیله نقلیه از مسیر و رانده شدن آن به خارج از راه بخش قابل توجهی از کل تصادفات منجر به جرح و فوت را در بسیاری از کشورها تشکیل می‌دهد.گرچه آمار دقیقی از این‌گونه حوادث در کشور ما وجود ندارد ولی شواهد نشان می‌دهد که درصد بالایی از حوادث جاده ای منجر به فوت و جرح در ایران، در اثر خروج وسیله نقلیه از مسیر اتفاق می‌افتد که بیشتر این مرگ و جرح‌ها در نتیجه واژگونی و برخورد وسایل نقلیه با موانع ثابت حاشیه راه ایجاد می‌شوند. بنابراین وضعیت موجود در مورد میزان قابل توجه تصادفات ناشی از خروج وسیله نقلیه از جاده در کشور، اهمیت تحقیق بیشتر در زمینه کاهش تصادفات حاشیه راه را مشخص می‌کند. در این تحقیق سعی شده است تا با انتخاب یک مدل مناسب پیش بینی خروج وسیله نقلیه از جاده و قابل استفاده کردن آن برای محورهای مورد مطالعه، بتوان میزان کل واژگونی ناشی ازخروج از راه را پیش بینی کرد. برای روشن شدن مفهوم و کاربرد چنین مدلی، شایان ذکر است هنگامی که تعداد برخوردها و واژگونی به همراه شدت ناشی از آن مورد محاسبه قرار گیرد، می‌توان از رابطه ۱ به تعیین هزینه مربوطه پرداخت[۱].

هزینه های سالانه تصادفات = (تعداد برخورد یا واژگونی در سال) × (شاخص شدت) (۱)

۲. مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱ مدلهای پیش بینی خروج از راه

مدلی که در سال ۱۹۹٦ توسط میائو ارایه شد، رابطه بین بسامد خروج از راه درهر کیلومتر در سال و ADT در یک جاده دو خطه

تفکیک نشده با عرض خط عبوری ۳/٦٥ متر را نشان می‌دهد که به صورت رابطه۲ است[۲].

$$\mu= [a(ADT)^b \times 0.5\times(1+\exp(d\times 12)]/1.6 \qquad (۲)$$

که در آن:

μ: بسامد خروج وسایل نقلیه از راه در هر کیلومتر در سال

ADT: متوسط ترافیک روزانه

a,b,d: پارامترهای مدل

مقادیر پارامترهای a،bو d که از طریق لگاریتم گرفتن از هر دو طرف معادله تعیین شده‌اند به ترتیب برابر با ۰/۰۷۲۸۵، ۰/٥۹۳٥ و ۰/۰۸۲۲٤- هستند.در این رابطه، اولین مولفه $a(AAD)^b$، بیانگر تعداد کل خروج از کناره نزدیک در هر کیلومتر در سال و دومین مؤلفه$\exp(d\times 12)$، بیانگر تعداد کل خروج از کناره دور در هر کیلومتر در سال است، به طوری که وسیله نقلیه بدون برخورد با وسایل نقلیه جهت مخالف تمام خط کناری را بپیماید. برای برآورد بسامد خروج وسیله نقلیه از راه در سال ۲۰۰۱ توسط میائو مدلی دیگر به صورت رابطه۳ پیشنهاد شده است[۳] که در این مدل میانگین ترافیک روزانه (ADT)، عرض خط عبوری، درجه قوس افقی و شیب طولی برای راههای دو خطه- دو طرفه برون شهری در نظر گرفته شده است.

$$E=(365\times ADT/1000000)\times \exp(\beta_{st}-(0.04\times ADT/1000)+ \ln f + 0.12HC+0.05VG) \qquad (۳)$$

که در آن :

E : تعداد خروج ازجاده پیش بینی شده در کیلومتر در سال

ADT : میانگین ترافیک روزانه در هرسال از ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ وسیله نقلیه

β_{st} : یک ثابت منطقه ای است که برای راههای دو خطه برون شهری با ADT کمتر از ۲۰۰۰ و نسبتاً مستقیم (درجه قوس افقی کمتر از ۳) و مسطح (شیب طولی کمتر از ۳٪)، از لگاریتم طبیعی نرخ تصادفات خروج از جاده تخمین زده می‌شود[1] و برای سایر راهها پیش فرض ۰/٤٥- در نظر گرفته می‌شود.

HC : درجه قوس افقی از ۰ تا ۳۰ درجه

VG : شیب طولی مسیر از ۰ تا ۱۰ درصد

Lnf : ضریب تأثیر عرض عبور برابر با ۰، ۰/۲ ، ۰/٤٤ به ترتیب برای راههای با عرض ۳/٦ ، ۳/۳ و ۳ متر.

۲-۲ بررسی پارامترهای مؤثر در مدلهای پیش بینی خروج از راه

پارامترهای مهمی که در این گونه مدلها درنظر گرفته شده‌اند عبارتند از:

- درجه قوس افقی

حرکت بی‌خطر و مطلوب ترافیک به مقدار زیادی تحت تأثیر خصوصیات هندسی راه قرار دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تعداد تصادف در قوس‌ها و به خصوص در قوس‌های تند، بیشتر است[۳]. این متغیر درجه قوسهای افقی را در برمی‌گیرد و با میانگین‌گیری درجه قوس‌های واقع درطول قطعه یا راه، به دست می‌آید.

- شیب طولی جاده

شیب طولی جاده، تأثیر قابل توجهی بر احتمال خروج وسیله نقلیه ازسطح سواره رو دارد. البته تنها شیب طولی منفی جاده است که بر تصادفات خروج از جاده‌ای تأثیر می‌گذارد و شیب طولی مثبت بدون تأثیر است. این متغیر شیب طولی راه را در طول قطعه انتخاب شده بیان می‌کند و بر حسب درصد است. در قطعاتی که دارای شیب متغیر هستند، بر اساس طول هر یک از شیبها از میانگین شیب استفاده می‌شود.

- متوسط حجم تردد ترافیک روزانه

با توجه به ارتباط مستقیم میزان سفر و تعداد تصادفات رخ داده این متغیر از متغیرهای اساسی بوده که نقش عوامل انسانی، وسیله نقلیه و اثرات مشترک این دو عامل را دربر می‌گیرد.

- عرض خط عبوری

قسمت اعظم تصادفات ایران در راههای دو خطه اتفاق می‌افتد که یکی از دلایل مهم این موضوع، حجم سنگین ترافیک نسبت به ظرفیت راههای دو خطه و محدودیت‌های ناشی از کاهش سطح خدمت‌دهی و افزایش تمایل رانندگان به تخطی از مقررات است. وقتی عرض سواره رو افزایش می‌یابد، نرخ تصادفات نیز افزایش پیدا می‌کند و ممکن است به این دلیل باشد که سواره روهای عریض معمولاً برای سرعت‌های طراحی بالا در نظر گرفته می‌شوند و هنگامی که بدون خط‌کشی، علایم و تجهیزات، مدیریت و نگهداری لازم مورد استفاده قرار گیرند به وجود آورنده تصادفات شدید می‌شوند. عرض سواره رو یکی از پارامترهای اساسی در ایمنی راهها

محسوب شده و به منظور سنجش کمبود حداقل عرض مورد استفاده در یک رویه و یا اضافه عرض روسازی بکـار گرفتـه شده است[٤].

۳. ارزیابی مدل های پیش بینی خروج

برای تخمین میزان خروج از جاده منجر به واژگونی، با استفاده از آزمون $\chi 2$ و از طریق بررسـی آزمـون برازنـدگی مقـادیر واقعـی خروج از جاده‌هـای ثبـت شـده در کروکـی تصـادفات و مقـادیر پیش بینی شده توسط مدلهای ارایه شده، مقایسه‌ای بین نتایج ایـن دو مدل جهت انتخـاب مـدل بهتـر صـورت مـی‌گیـرد. بنـابراین شبکه‌ای از راه در استان خراسان رضوی که شامل ۷ محور اسـت انتخاب شده و تعداد تصادفات مربـوط بـه سـالهای ۸۲ و۸۳ و از نوع خروج از جاده که شامل واژگونی و برخورد بـا شـیء ثابـت هستند به همراه کروکی‌های ثبت شـده از پاسـگاههای پلـیس راه اخذ شد.

۳-۱ آزمون آماری $\chi 2$

برای بررسی وجود تفاوت بـین مقـادیر بـه دسـت آمـده توسـط مدل‌هـای انتخـابی و مقـادیر واقعـی خـروج از جـاده، بـا توجـه به خاصیت شمارشی بودن تعداد تصادفات در هر محـور و بـرای بررسی برازندگی مدل های تئوری میائو به داده‌های مشاهده شـده از آزمون $\chi 2$ استفاده شده است. بنابراین محورهای مورد مطالعـه را به صورت k رده جدا از هم از C1تا Ck در نظر می‌گیریم.

	C_1 C_2 ... C_k	
مقادیر مشاهده شده	o_1 o_2 ....o_k	$n=\sum_{i=1}^{k} o_i$
مقادیر مورد انتظار	e_1 e_2 ...e_k	$n=\sum_{i=1}^{k} e_i$

n : تعداد کل مشاهدات

o_i: مقدار مشاهده شده

e_i فراوانی مـورد انتظـار در رده i ام اسـت و بـه صـورت زیـر محاسبه می‌شود:

$$e_i = np_i \qquad i = 1,2,...,k \qquad (٤)$$

P_i: تعداد کل/ (مقدار پیش بینی شده توسط مدل میائو در رده i ام)

مقدار χ^2 به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \qquad (٥)$$

فرض H_0: برازندگی مدل تئوری به مشـاهدات اسـت و در فـرض H_1 مدل تئوری مفروض برای مشاهدات مناسب نیست.

اگر $\chi^2 > \chi^2_{\alpha,k-1}$ شود می‌توان نتیجه گرفت که فرض H_0 با میزان α درصد رد می‌شود.

$\chi^2_{\alpha,k-1}$ چندک($1-\alpha$)ام توزیع χ^2 با (k-1) درجه آزادی است که از جدول تعیین می شود[٥].

جهت آزمون برازندگی مقادیر واقعی تعداد خروج از جاده و مقادیر پیش بینی شده توسط رابطـه۲ (سـال ۱۹۹٦)، مقـدار آمـاره آزمـون ۸۵٫۱٦ به دست می‌آید که با مقایسه این عـدد بـا $\chi^2_{0.05,6} = ۱۲٫۵۹$ نتیجه می‌شود که فرض H_0 بـا میـزان ۰٫۰۵ درصـد رد مـی‌شـود و به عبارتی نتایج حاصل از این مدل با مقادیر واقعی مطابقت چندانی ندارد. برای آزمون برازندگی مقادیر واقعی تعداد خـروج از جـاده و مقادیر پیش بینی شده توسط رابطه۳ (سال۲۰۰۱) مقدار آماره آزمون ٦٫۱٦ به دست می‌آید که با مقایسه این عـدد بـا $\chi^2_{0.05,6} = 12.59$ نتیجه می شود در سطح ۰٫۰۵ دلیلـی بـرای رد H_0 وجـود نـدارد و به عبارتی دو سری داده‌ها شامل مقادیر واقعی و پیش بینی شده کل خروج از جاده‌ها از نظر آماری تفـاوتی ندارنـد، بنـابراین بـا توجـه به ارزیابی صورت گرفته به دلیل نزدیک‌تر بودن مقادیر پـیش بینـی شده از رابطه ۳ با مقادیر واقعی، در ادامـه تحقیـق ایـن مـدل مـورد استفاده قرار می‌گیرد.

٤. تعیین مدل پیش بینی واژگونی

با استفاده از مدل ۲ می‌توان میزان کل خـروج از راه چـه همـراه بـا برخورد و واژگونی و چه بدون خسارت و واژگونی را پـیش بینـی کرد. اما هدف اصلی در این تحقیق برآورد میزان و درصد خروج از راه منجر به واژگونی است. به همین منظور تلاش شده است تـا بـا در نظر گرفتن شاخصی به عنوان شاخص خطر حاشـیه راه در ایـن مدل بتوان به میزان خروج از راه منجر بـه واژگـونی دسـت یافـت. بنابراین مشخصات مربوط به طرح هندسـی از قبیـل درجـه قـوس، درصد شیب طولی، طول محور و میزان ترافیک روزانه هر محـور از دستگاههای ذیربط و همچنـین تصـادفات خـروج از راه منجـر بـه واژگـونی بـرای سـالهای ۸۲ و ۸۳ از طریـق فـرم‌هـای اطلاعـات تصادفات پاسگاههای پلیس واقع در محورها و سپس ثبت و تحلیل آنهـا در محـیط spss تهیـه شـد. ایـن اطلاعـات درجـداول۲،۳و٤ ارایه شده‌اند.

جدول۱. محاسبه $\chi 2$ با در نظر گرفتن مدل های ارایه شده

ردهها	فیض آباد- بجستان C_1	بجستان- فردوس C_2	گناباد- فردوس C3	گناباد- بجستان C4	گناباد- قائن C5	گناباد- سه راهی مهنه C6	تربت - سه راهی مهنه C7	جمع
مقادیر واقعی(۸۳)	٤٥	۱۲	۱۸	۱۱	۱٤	٤۲	۳٥	۱۷۷
رابطه۲								
مقادیرپیش ینی شده	۲۹٥/۸	۱۸٤/۸	۲۰۲/٥۹	۲۰۰/۲	۹۸	۱۰۱/٥	۳۳۲/۱۰	۱٤۱٤/۹۹
P_i	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۱٤۳	۰/۱٤۲	۰/۰۷	۰/۰۷۲	۰/۲۳۳	۱
$=n\ P_i e_i$	۳۷/۱۷	۲۳/۰۱	۲٥/۳٤	۲٥/۲۳	۱۲/۳۹	۱۲/۷٦	٤۱/۱	۱۷۷
$\sum_{i=1}^{k}\frac{(o_i-e_i)^2}{e_i}$	۱/٦٤	٥/۲۷	۲/۱۲	۸/۰۲	۰/۲۱	٦۷	۰/۹	۸٥/۱٦
رابطه۳								
مقادیرپیش‌ینی شده	٤۲/۷۸	۱۹/۷۷	۲۲/٥۹	۱۰/۸٥	۱۲/۲۱	٥۰/٥٤	۳۰/۳۱	۱۸۹/۰٥
P_i	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۰٦	۰/۰٦	۰/۲۷	۰/۱٦	۱
$=n\ P_i e_i$	٤۰/۰٥	۱۸/٥۱	۲۱/۱٥	۱۰/۱٦	۱۱/٤۳	٤۷/۳۱	۲۸/۳۸	۱۷۷
$\sum_{i=1}^{k}\frac{(o_i-e_i)^2}{e_i}$	۰/٦۱	۲/۲۹	۰/٤۷	۰/۰۷	۰/٥۸	۰/٦۰	۱/٥٤	٦/۱٦

جدول ۲. اطلاعات طرح هندسی محورهای مورد مطالعه

نام محور	متوسط شیب طولی (درصد)	متوسط شعاع قوس افقی (m)	درجه قوس افقی	طول محور (km)
فیض‌آباد-بجستان	٤	٤۰۰	۱/٤۳	۸۷
بجستان – فردوس	۲	٤۸۰	۱/۱۹	۷۷
گناباد- فردوس	۲/۳	٤٥۰	۱/۲۷	۷۷
گناباد- بجستان	٤	٤۸۰	۱/۱۹	٤۹
گناباد- قائن	۲	٤۰۰	۱/٤۳	۳٥
گناباد- سه‌راهی‌مهنه	٤	٥۰۰	۱/۱٤	۸۱
تربت- سه راهی مهنه	٤	٥۰۰	۱/۱٤	٤٥

جدول۳. میزان تردد وسایل نقلیه در محورهای مورد مطالعه (سالهای۸۳ و۸۲)

محور	متوسط ترافیک روزانه در سال۸۲ (AADT)	متوسط ترافیک روزانه در سال۸۳ (AADT)
فردوس – بجستان	۱٥۳۷	۱٥۹۹
تربت حیدریه- سه راهی مهنه	٤۰۸۲	٤۲٤٥
گناباد- سه راهی مهنه	۳۷۲٥	۳۸۷٤
فیض آباد- بجستان	۲۷۱۹	۲۸۲۸
گناباد- بجستان	۱۱۸۲	۱۲۳۰
گناباد- فردوس	۱۷۲۸	۱۷۹۷
گناباد- قائن	۲۰۷٦	۲۱٥۹

جدول٤. تعداد تصادفات خروج از راه منجر به واژگونی در محورهای مورد مطالعه (سالهای ۸۲ و۸۳)

نام محور	تعداد تصادفات منجر به واژگونی سال ۸۲	تعداد تصادفات منجر به واژگونی سال ۸۳
گناباد- فردوس	۱۳	۱۱
فیض آباد- بجستان	۲۱	۲۵
بجستان- گناباد	۵	٦
بجستان- فردوس	٦	۷
گناباد- قائن	۷	۵
تربت‌حیدریه-سه‌راهی‌مهنه	۱۵	۱۳
گناباد-سه‌راهی‌مهنه	۲۱	۲۵

جدول۵. مقادیر طول خطر محورها در شبکه گناباد

شماره	نام محور	طول خطر (km)	طول محور (km)
۱	فیض آباد- بجستان	۳۰	۸۷
۲	گناباد- فردوس	۳۰	۷۷
۳	بجستان- فردوس	۲۰	۷۷
٤	گناباد- بجستان	۳۵	٤۹
۵	گناباد- قائن	۵	۳۵
٦	گناباد- سه راهی مهنه	٤۵	۸۱
۷	تربت - سه راهی‌مهنه	۲۰	٤۵
	مجموع	۱۸۵	٤۵۱

جدول٦. تعداد خروج از جاده منجر به واژگونی پیش‌بینی شده در سال۸۳ توسط مدل

شماره	نام محور	ADT	HC	VG	E	تعداد پیش‌بینی شده
۱	فیض آباد- بجستان	۲۸۲۸	۱/٤۳	٤٪	۰/۲	۱۸
۲	گناباد- فردوس	۱۷۹۷	۱/۲۷	۲/۳٪	۰/۱۲	۱۰
۳	بجستان- فردوس	۱۵۹۹	۱/۱۹	۲٪	۰/۱	۹
٤	گناباد-بجستان	۱۲۳۰	۱/۱۹	٤٪	۰/۰۹	۵
۵	گناباد- قائن	۲۱۵۹	۱/٤۳	۲٪	۰/۱٤	۵
٦	گناباد- سه راهی مهنه	۳۸۷٤	۱/۱٤	٤٪	۰/۲٦	۲۱
۷	تربت - سه راهی مهنه	٤۲٤۵	۱/۱٤	٤٪	۰/۲۸	۱۳

جدول۷. مقایسه تعداد خروج از جاده منجر به واژگونی واقعی و پیش بینی شده در سال۸۳

شماره	نام محور	تعداد واقعی خروج از جاده منجر به واژگونی	تعداد پیش‌بینی شده خروج ازجاده منجر به واژگونی
۱	فیض آباد- بجستان	۲۹	۱۸
۲	گناباد- فردوس	۱۳	۱۰
۳	بجستان- فردوس	۸	۹
٤	گناباد-بجستان	۷	۵
۵	گناباد- قائن	٦	۵
٦	گناباد- سه راهی مهنه	۲۹	۲۱
۷	تربت - سه راهی‌مهنه	۱۵	۱۳

جدول۸. محاسبه مقدار χ^2 برای اعتبار سنجی مدل پیش بینی خروج از جاده منجر به واژگونی

رده‌ها	فیض آباد- بجستان C_1	بجستان- فردوس C_2	گناباد- فردوس C_3	گناباد- بجستان C4	گناباد- قائن C_5	گناباد-سه راهی مهنه C_6	ترنت - سه راهی مهنه C_7	جمع
مقادیر پیش بینی شده	۱۷/۵٤	۸/۱۱	۹/۲٦	٤/٤٥	۵/۰۱	۲۰/۷۲	۱۲/٤۳	۷۷/۵۲
مقادیر واقعی	۲۹	۸	۱۳	۷	٦	۲۹	۱۵	۱۰۷ = **n**
$=n\,P_i\,e_i$	۲٤/۲۱	۱۱/۱۹	۱۲/۷۹	٦/۱٤	٦/۹۱	۲۸/٦۰	۱۷/۱٦	۱۰۷
$\sum_{i=1}^{k}\frac{(o_i-e_i)^2}{e_i}$	۰/۹۵	۰/۹۱	۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۲۷	۲/۳۷

٤-۱ شاخص خطر حاشیه راه (RH)

به طور کلی در حوادث رانندگی منجر به انحراف و خروج وسیله نقلیه از راه هنگامی شدت حادثه افزایش می‌یابد که وسیله نقلیه منحرف شده با یکی از موانع ثابت کنارجاده برخورد کند و یا در اثر قرار گرفتن در شیب غیر استاندارد کنارجاده واژگون شود.

از جمله موانع ثابتی که به عنوان عوامل خطرزا در حاشیه راه محسوب می‌شود می‌توان به تیرها و پایه‌های انتقال برق، پایه‌های تابلوها و علائمی که به صورت صلب ساخته شده‌اند، درختها، ستونها، آبروها، کالورتها، صخره‌های سنگی و شیب‌های نامناسب اشاره کرد[٦]. شیبهای کناری نامناسب از عوامل مهم در واژگون شدن وسایل نقلیه پس از انحراف از مسیر اصلی به شمار می‌روند. راهنمای ایمنی حاشیه راه آشتو، نسخه سال ۲۰۰۲، شیروانی‌های خاکریزی امتداد راه را به سه نوع قابل بازیابی، غیر قابل بازیابی و بحرانی تقسیم می‌کند که شیبهای تندتر از ۱به۳، از نوع بحرانی بوده و بر روی آن احتمال واژگونی وسیله نقلیه وجود دارد که در چنین حالتهایی توصیه شده است از حفاظ کناری استفاده شود[۷]. بنابراین منظور از خطر حاشیه راه وجود موانع کناری و شیب‌های نامناسب و غیر استاندارد حاشیه راه است و با بکاربردن شاخص خطر حاشیه راه که همواره عددی کوچک‌تر از یک است می‌توان میزان خروج از راه منجر به برخورد و واژگونی را تخمین زد:

= (تعداد خروج از راه منجر به برخورد و واژگونی)

(تعداد کل خروج از جاده) ×RH

این شاخص که به وضعیت ایمنی حاشیه راه از لحاظ طراحی شیب شیروانی و وجود موانع و عوارض کنار راه اختصاص دارد به صورت نسبت طول خطر به طول محور در رابطه ٦ تعریف شده است. در این رابطه l_H برابر طول خطر و L برابر با طول محور است.

$$RH=\frac{l_H}{L} \qquad (٦)$$

و برای کل شبکه به صورت رابطه ۷ به دست می‌آید:

$$RH = \frac{\sum L_{H\,i}}{\sum L_i} < 1 \qquad (۷)$$

منظور از طول خطرکه به صورت رابطه ۸ محاسبه می شود، طول قسمتهایی از محور است که در آن احتمال برخورد وسیله نقلیه با موانع کناری وجود دارد و یا این که دارای شیب بحرانی است.

$$L_H=C_r+C_l+S \qquad (۸)$$

پارامترهای C_r و C_l نشانگر مقداری از طول راه در سمت راست و چپ مسیر هستند که اگر در آنها خروج از جاده صورت گیرد، احتمال برخورد وسیله نقلیه با موانع کناری به وجود می‌آید. این قسمت‌های ویژه از جاده را موقعیت برخورد می‌گویند. پارامترهای C_rو C_l به عرض وسیله نقلیه، زاویه خروج، طول و عرض مانع بستگی دارند و با روابط ۹ و۱۰ تعیین می‌شوند[۳]:

$$C_r=[\,L_O+[W_V\times CSC(\varphi_r)]+[\,W_o\times Cot\,(\varphi_r)]]/(L\times 5280) \qquad (۹)$$

$$C_l=[\,L_O+[W_V\times CSC(\varphi_l)]+[\,W_o\times Cot\,(\varphi_l)]]/(L\times 5280) \qquad (۱۰)$$

L_Oو W_O طول و عرض مانع در مقیاس متر است، φ_r و φ_l زاویه انحراف از کناره چپ و راست جاده هستند. W_V عرض وسیله نقلیه است که برابر با۱/۸۳ متر می باشد. زاویه انحراف برای کناره نزدیک ٦/۱ درجه و برای کناره دور ۱۱/۵ درجه است وL طول جاده به کیلومتر است. پارامتر S نیز نشانگر مقداری از طول جاده است که دارای شیب کنارجاده بحرانی می باشد. بنابراین چنان چه این شاخص در رابطه۳ بکار برده شود، مدل پیش بینی میزان

خروج از جاده منجر به برخورد و واژگونی به صورت رابطه ۱۱ به دست می‌آید.

$$E=(365\times ADT/1000000)\times (RH)\times \exp(\beta_{st}-(0.04\times ADT/1000)+\ln f+0.12HC+0.05VG) \quad (11)$$

برای تعیین ضریب β_{st} با توجه به توضیح داده شده در قبل، محور گناباد - فردوس که شرایط لازم را دارد انتخاب می شود که با بررسی آمار تصادفات این محور مشخص شد که نرخ تصادفات خروج از جاده این محور در سال ۸۳ برابر با ۳۷٪ است.

$$\beta_{st}=\ln 0.37=-1$$

شیب کناری راه در قسمتهایی از طول محورهای مورد مطالعه، به گونه‌ای طراحی شده است که هر خروج از جاده‌ای با احتمال بسیار زیاد همراه با واژگونی خواهد بود. زیرا بررسی حاشیه راهها در شبکه گناباد نشان داد که محورهای موجود به طور متوسط دارای شیب شیروانی منفی ۱به۱ و ۱به۲ هستند که با توجه به استاندارد موجود در راهنمای طراحی حاشیه راه آشتو از نوع شیبهای بحرانی محسوب می‌شوند. از طرفی به دلیل این که موانع ثابت از قبیل پایه‌های چراغ به طور متوسط در فاصله ای حدود ۳۰ متر از لبه سواره رو قرار گرفته‌اند و خارج از منطقه بازیابی هستند، بنابراین برای وسایل نقلیه منحرف شده از مسیر اصلی تنها خطری که به عنوان خطر حاشیه راه ممکن است باعث واژگونی آن شود، وجود شیب‌های کناری غیر استاندارد و بحرانی و قرار گرفتن وسائل نقلیه در آن است. بنابراین در به دست آوردن طول خطر برای شبکه گناباد (l_H)، از پارامترهای C_r و C_l چشم‌پوشی می‌شود ($L_H= S$) و از آنجا که شاخص خطر حاشیه راه فقط به شیب‌های نامناسب کناری راه مربوط می شود و نه برخورد با موانع، پس می‌توان گفت که مدل مورد استفاده تنها خروج از جاده‌های منجر به واژگونی را پیش بینی می‌کند. همچنین با توجه به اینکه عرض مسیر در کلیه محورهای شبکه برابر با ۳٫۶ متر است بنابراین پارامتر $\ln f$ برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

٤-۲ تعیین پارامتر شاخص خطر در مدل

میزان طول خطر حاشیه راه برای هر محور در شبکه، از طریق برداشت میدانی محاسبه شده است(مطابق جدول ۵).با داشتن مجموع طول خطر حاشیه راه و طول محورهای شبکه شاخص RH برای شبکه۰/٤۱ به دست آمد. بنابراین مدل پیش‌بینی تعداد خروج از جاده منجر به واژگونی در شبکه گناباد به صورت رابطه ۱۲ می‌شود:

$$E=(365\times ADT/1000000)\times(0.41)\times \exp(-1-(0.04\times ADT/1000)+0.12HC+0.05VG) \quad (12)$$

۵. تعیین و تحلیل نتایج حاصل از مدل پیش‌بینی واژگونی

تعداد خروج از جاده منجر به واژگونی پیش بینی شده در یک سال توسط مدل ارایه شده برای هریک از محورهای شبکه در جدول ٦ نشان داده شده است. در جدول۷ تعداد واقعی خروج از جاده منجر به واژگونی برای این که به واقعیت نزدیک‌تر باشند تعدیل شده‌اند. بر اساس تحقیقی که آیتی[۸] در پروژه برآورد هزینه تصادفات ترافیکی راههای ایران انجام داده است، مشخص شد که اطلاعات ثبت شده توسط پلیس، دارای خطا بوده و برای رسیدن به تعداد واقعی تصادفات، توصیه شده است که تعداد تصادفات ثبت شده در عدد ۱/۱۵ضرب شود. بنابراین تعداد خروج از جاده منجر به واژگونی که از کروکی‌های ثبت شده توسط پاسگاههای پلیس استخراج شده‌اند در عدد ۱٫۱۵ضرب شده‌اند.

٦. اعتبار سنجی مدل

برای اعتبارسنجی مدل و مقایسه نتایج حاصل از مدل و مقادیر واقعی واژگونی، با توجه به نظریه بیان شده در قسمت ۲ و مطابق با جدول۸ مقدار χ^2 ، ۲/۳۷ به دست می‌آید که بعد از مقایسه با مقدار بحرانی به دست آمده از جدول، ($\chi^2_{0.05,6}=12.59$)، نتیجه می‌شود که در سطح آزمون ۰/۰۵ دلیلی برای رد H_0 وجود ندارد. بنابراین از نظر آماری تفاوت بین دو سری داده واقعی و پیش بینی شده توسط مدل، قابل قبول است و به عبارتی مدل ارایه شده برای پیش بینی خروج از جاده‌های منجر به واژگونی، نتایج قابل قبول و مناسبی به دست می‌دهد. بنابراین $\chi^2 < \chi^2_{0.05,6}$ و در سطح آزمون ۰/۰۵ دلیلی بر رد H_0 وجود ندارد.

۷. جمع بندی و نتیجه‌گیری

- در شبکه گناباد با توجه به بررسی که صورت گرفت وجود شیبهای کناری غیر استاندارد و بحرانی به عنوان خطر حاشیه راه محسوب می‌شود و سبب واژگونی وسائل نقلیه منحرف شده از جاده می‌شود که با در نظر گرفتن شرایط یاد شده، میزان شاخص خطر حاشیه راه برای کل شبکه ۰/٤۱

به دست آمد و در واقع می‌توان گفت که ٤٠ درصد از کل خروج از جاده ها به واژگونی منجر می‌شود.

- مقایسه مقادیر پیش بینی شده توسط مدل و تعداد واقعی در سال ٨٣ با یکدیگر نشان می‌دهد که اختلاف این دو به طور متوسط حدود ٢٦ درصد است.
- طبق بررسی صورت گرفته مشخص شد که حدود ٣٠ درصد از کل تصادفات جاده‌ای در کشور به تصادفات ناشی از خروج وسیله نقلیه از جاده مربوط می شود و حدود نیمی از این ٣٠ درصد به واژگونی منجر می‌شود.
- مطالعات نشان می دهند که در ایالات متحده حدود ٢٢ درصد از کل تصادفات جاده‌ای، به تصادفات ناشی از انحراف و خروج وسیله نقلیه از جاده مربوط می‌شود، اما تنها در ١٥ درصد مواقع، خروج از جاده منجر به برخورد با موانع یا واژگونی وسیله نقلیه می شود و چنان که از این میزان، سهم مربوط به خروج از جاده منجر به برخورد با موانع را جداگانه درنظر بگیریم، درصد خروج از جاده منجر به واژگونی کمتر از ١٥ درصد است و درصد قابل توجهی از وسایل نقلیه منحرف شده از مسیر به دلیل طراحی مناسب شیب کناری جاده و درنظر گرفتن منطقه بازیابی و عاری از مانع، توانایی توقف و بازگشت مجدد به مسیر اصلی را دارند [٩] و [١٠]. در ایران به دلیل طراحی نامناسب شیب کناری در طول مسیر و یا وجود موانع کناری در نزدیکی لبه سواره رو، درصد قابل توجهی از خروج از جاده‌ها همراه با واژگونی و یا برخورد با عوارض و موانع ثابت کناری راه است که این وضعیت نشان دهنده وجود حاشیه‌های غیرایمن در شبکه راههای کشور است و توجه بیش از پیش به ایمن سازی و ساماندهی حاشیه راهها توسط متولیان راه را می‌طلبد.

٨. مراجع

1. Queensland Department of Main Roads (2005) "Road planning and design manual", Brisbane: Queensland Department of Main Roads.

2. Miaou, Shaw-Pin (1996) "Measuring the goodness-of-fit of accident prediction models" Publication No.FHWA-RD-96-040.

3. Miaou, Shaw-Pin (2001) "Estimating roadside encroachment rate with the combined strengths of accident and encroachment-based approaches", Publication No.FHWA-RD-01-124.

٤. آیتی، اسماعیل (١٣٨٢) "تصادفات جاده ای در ایران"، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

٥. بهبودیان، جواد (١٣٨٢) " آمار ریاضی"، تهران: انتشارات امیر کبیر.

6. Coulter, D.Ross (2003) "Hazards struck", www.highway.safety.org,

7. AASHTO (2002) "Roadside design guide".

٨. آیتی، اسماعیل (١٣٨٤) " برآورد هزینه تصادفات ترافیکی راههای کشور"، تهران: پژوهشکده حمل و نقل.

9. Transportation Research Board (1997) "Strategies for improving roadside safety", Washington D.C.: NCHRP Research Results Digest 220 , project 17-3.

10. Insurance Institute for Highway Safety (2005) "Fatality facts, roadside hazards", Insurance, www.iihs.org.

پانویس

١. برای محاسبه ثابت βst، یکی از جاده‌های دارای شرایط یاد شده در منطقه یا شبکه‌ای که مدل برای آن بکار می‌رود باید انتخاب شود تا از لگاریتم نرخ تصادفات خروج از راه این محور، مقدار βst تخمین زده شود [٨].

Prediction of Vehicle Rollover due to Run-off-road Using Roadside Hazard Index

N.B Baradaran Rahmani, Transportation Research Institute, Tehran, Iran
S. Shabani, Ph. D. Candidate, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
E-mail: nb_rahmani@rahiran.ir

ABSTRACT

The main reasons of injury and death all over the world and especially in Iran are mainly run off road, roll over, and crushing with the fixed objects at the roadside. This is why the road safety engineers should pay special attention to roadside hazards, otherwise as a consequence the number of fatalities would increase consequently although exact data are not available regarding this issue in Iran, evidence shows that a large number of dangerous road accidents in Iran is due to vehicle run-off-the road. Nowadays introduction of a model which would have the capability of anticipating the number of run-off-roads would assist the engineers to evaluate the number of run-off in order to carry out a proper incident management In this research a model has been introduced that is capable of anticipating the number of roll-over due to run-off-roads in each direction of roads. The effect of each parameter has been thoroughly investigated on the roadside safety, and finally its effects on the number of accident occurred in Iranian Roads.

In this research, two models for prediction of vehicle run – off - road were evaluated.

For evaluating the differences between the obtained amounts by selected models and the real rates for the run off roads, the X test was used. This test was chosen due to the quantitative characteristics of accidents (which are usually numbered) and the real amount of run-off-road also due to the number of accidents in each direction of roads and the fitness of theoric models. The following model had the most realistic similarities with the predicted rates and therefore was chosen for utilization. This model is shown below:

$E=(365 \times ADT/1000000) \times \exp(\beta st-(0.04 \times ADT/1000)+lnf + 0.12HC+0.05VG)$

Where:

E = expected number of road side encroachment per kilometer annually.

ADT = average annual daily traffic (in number of vehicles) from 1000 to 12000.

B st = state constant with a default value of 0.45 for those areas (or states) where rural two-lane roads data are available, it is recommended that B st be estimated as the natural log of the run-off-road accident rate for road segment with low ADT (e.g., 2000) that are relatively straight (e.g., horizontal curvature < 3 degrees) and level (e.g., vertical grade < 3%) .

Lnf= 0, 0.20, and 0.44, respectively, for road segments with 3.6m 3.3m 3 m ft wide lane.

HC = horizontal curvature) for 0 to 30 degree.

VG= vertical grade (in percent) from 0 to 10 percent.

Using the above model it would be possible to predict the total run off road accidents. On the other hand, the main objective of this research is estimating the amount and percentage of rollover due to run off roads. Due to this fact it was tried to consider an index namely Roadside Hazard Index. By using this index the above objective may be achieved.

Using this index which is always >1 it would be possible to estimate the rollover due to run off roads, as follows:
The road side safety condition is depended to RH index.
RH = the length of risk ratio to the length of axis:

$$RH = \frac{l_H}{L}$$

Therefore by considering RH index in choosing the model, the number of rollover due to Run-Off-Roads is resulted as follows:
ADT/1000000)×(RH)×exp(βst-(0.04×ADT/1000)+lnf + 0.12HC+0.05VG)× E= (365

The roads network including 5 axes was chosen and based on the road side accidents occurred in this direction of roads, the amount of index was estimated. This model was finally designed by comparing the result of the above model and the real amount of it (due to X2 test).
Conclusions of this research project are as follows:
It is considered that 30 percent of road accidents in the whole country are caused by run off vehicles from roads and about half of this 30 percent are concluded to damaging of vehicles.-
Comparing the predicted amount to the model and the real numbers in the year 2004 shows that the difference between models is about 26 percent in average.
At the Gonabad network (in north east of Iran), investigations showed that in this network, the non standard and critical road side gradients as the road side hazards and cause the rollover of the vehicles from the road. Considering the conditions of the country it may be concluded that the Roadside Hazard Index for the whole network is 41%. By other words it is said that the 41% of the total run off road is resulted to rollover.

Keywords: Roadside hazard index, run off road, rollover, accidents