

استفاده از روش بیز در برآورد مخاطره مناطق در محورهای همسان

محمود صفارزاده، دانشیار، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
هادی گنجی زهرایی، عضو هیأت علمی، پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و ترابری، تهران، ایران
امین میرزا بروجردیان، دانشجوی دکتری، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
E-mail: saffar_m@modares.ac.ir

چکیده

تخصیص مناسب بودجه‌های عمرانی برای ارتقاء ایمنی راهها، از مهم‌ترین مراحل مدیریت ایمنی شبکه راه‌هاست. تعیین مناطق پر مخاطره و اولویت‌بندی آنها به لحاظ مخاطره‌آمیز بودن، اساس برنامه‌ریزی ایمن‌سازی شبکه حمل و نقل به شمار می‌آید. معمولاً تعیین میزان مخاطره مناطق، از طریق بررسی فراوانی تعداد تصادفات، نرخ تصادفات و یا شدت تصادفات انجام می‌گیرد. در این مقاله با استفاده از نظریه بیز روشی برای تعیین میزان مخاطره‌آمیز بودن مناطق و اولویت‌بندی آنها ارائه شده است. در این روش بر اساس اطلاعات موجود از تصادفات در یک مقطع (که می‌تواند قضاوت مهندسی و یا آمار رویداد تصادفات در سال‌های گذشته را نیز شامل می‌شود)، رفتار حادثه‌خیزی آن برآورد شده و سپس با استفاده از مشاهده رویداد تصادف در سال آخر، میزان مخاطره‌آمیزی آن مقطع برآورد می‌شود. سپس این مناطق (که از نظر خصوصیات مختلف ترافیکی و هندسی مشابه هستند)، بر اساس احتمال حادثه‌خیزی آنها اولویت‌بندی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: نظریه بیز، مقاطع حادثه‌خیز، اولویت‌بندی، تابع توزیع پیشین، تابع توزیع پسین

۱. مقدمه

در برآورد میزان مخاطره مناطق بیشتر باشد، تخصیص بودجه‌های ایمن سازی مناطق حادثه‌خیز بهینه تر خواهد بود. به مکان‌هایی از شبکه راه که در یک دوره زمانی مشخص دارای پتانسیل و شرایط بالقوه وقوع حادثه باشند، مقطع حادثه‌خیز گویند [۱]. البته میزان مخاطره این مناطق باید با توجه به شرایط فیزیکی و عملکردی آنها تعیین شود. تعریف مقطع حادثه‌خیز در مطالعات مختلف به صورت‌های گوناگون انجام شده، که به ۲ نمونه از آنها در زیر اشاره می‌شود [۲]:
- مناطقی که دارای حداقل چهار تصادف در طول یک سال باشند،
- مناطقی که دارای حداقل چهار تصادف جرحی، یا دست کم هشت تصادف خسارتی در طول یک دوره تحلیل سه ساله باشند.

امروزه، روشهای پیش بینی تصادفات ابزاری قوی در تحلیل تصادفات به شمار می‌آیند و در شناسایی و تحلیل حادثه‌خیزی راهها بکار می‌روند. با افزایش روز افزون ترافیک در شهرها و جاده‌ها در نیم قرن اخیر، متأسفانه بر تعداد و شدت تصادفات به سرعت افزوده شده است و ضایعات جانی و مالی ناشی از این تصادفات تبعات سنگینی بر جامعه تحمیل کرده است. جلوگیری از بروز تصادفات، مؤثرترین روش بهبود وضعیت ایمنی در سطح شبکه راه‌هاست. به دلیل گستردگی و پیچیدگی علل تصادفات ترافیکی، شناسایی مناطق حادثه‌خیز و ارائه راهکارهای پیشگیری از وقوع آنها بسیار مشکل است. تشخیص درست مناطق حادثه‌خیز به منظور اتخاذ شیوه پیشگیری مناسب، از اهمیت بسیاری برخوردار است. هر چه دقت روش اتخاذ شده

۲. روشهای اولویت بندی مناطق حادثه خیز

تاکنون مطالعات زیادی برای تعیین شاخص ایمنی راهها، عمدتاً در کشورهای صنعتی، انجام شده‌اند. نتایج این تحقیقات که بیشتر متکی بر روشهای آماری و اطلاعات تصادفات راههای شهری و بین شهری هر کشور بوده، منجر به ارایه روشهایی برای پیش بینی تصادفات شده‌اند. برای مقایسه پتانسیل حادثه خیزی مناطق مختلف در شرایط گوناگون، روش های متفاوتی وجود دارند که به اختصار در زیر به آنها اشاره می شود [۳]:

- ۱- نرخ تعداد کشته‌ها به ازای ۱۰۰ هزار نفر جمعیت (روشی متداول در اکثر کشورها)،
- ۲- نرخ تعداد کشته‌ها به ازای ۱۰ هزار وسیله نقلیه،
- ۳- تعداد تصادف،
- ۴- تعداد - نرخ،
- ۵- نرخ تصادف،
- ۶- کنترل کیفیت - نرخ،
- ۷- تعداد - شدت تصادف،
- ۸- نرخ - شدت تصادف،
- ۹- تصادفات همسان،
- ۱۰- الگوی فازی،

۱۱- وزن دهی تعداد تصادفات، شدت میانگین و ADT^1 .

در این مقاله، ابتدا یک شاخص برای حادثه خیزی مناطق تعریف شده و سپس با استفاده از روش بیز، میزان مخاطره مناطق همسان در راه های کشور و براساس آمار تصادفات آن مناطق ارایه می شود. ابتدا مبانی نظری مربوط به نظریه بیز بیان و سپس میزان مخاطره مناطق بر اساس آن برآورد و درانتها اولویت آنها برآورد می شود.

۳. ارزیابی روشهای اولویت بندی مناطق حادثه خیز

عمدتاً میزان مخاطره مناطق در طول محورهای مختلف بر اساس دو شاخص شدت تصادفات و یا تعداد تصادفات نسبت به حجم ترافیک عبوری محاسبه می شود [۳]. در اکثر روشهای ذکر شده برای اندازه گیری میزان مخاطره و اولویت بندی مناطق، این دو شاخص به صورت مستقل و یا ترکیبی مورد استفاده قرار می گیرند. شاخص شدت تصادفات یا تعداد تصادفات برای هر مقطع بر اساس میانگین آمار و اطلاعات موجود از این مناطق در یک دوره زمانی مشخص تعیین می شود. استفاده از برآوردگر

میانگین به عنوان برآوردی از میزان مخاطره مقطع مورد نظر بدون انجام آزمون فرض آماری قابل اعتماد نیست. خطای استفاده از میانگین، در صورت وجود داده پرت نیز زیاد است [۴]. میزان مخاطره مناطق، براساس اطلاعات ثبت شده از تصادفات یک مقطع در طی یک دوره زمانی مشخص برآورد می شود. در اکثر روشهای موجود، ملاک تعیین حادثه خیزی مناطق و مقایسه آنها با یکدیگر، بیشتر بودن مقدار میانگین تعداد تصادفات از دو برابر میانگین کل تعداد تصادفات رویداد در مناطق همسان است [۳]. در صورتی که بدون انجام آزمون فرض، نمی توان استنباطهای صورت گرفته را به کل جامعه تسری داد.

استفاده از مدل های رگرسیونی استاندارد نیز، برای اندازه گیری میزان مخاطره مناطق مناسب نیست، چرا که از طرفی خطای برآورد پارامترهای مدل رگرسیونی با استفاده از روش کمترین مجموع مربعات^۲ در صورت وجود داده پرت زیاد است و از طرف دیگر شرایط موجود در مناطق پر مخاطره با شرایط موجود در سایر مناطق یکسان نیست [۵و۴].

یکی از روش های تحلیل آماری، روش بیز است. دقت برآورد در این روش با وجود داده پرت در مجموع داده ها، نسبت به سایر روشها بیشتر است [۳و۶]. البته باید در تعیین جامعه مناطق مورد بررسی دقت کرد. مناطق مورد بررسی باید از نظر خصوصیات هندسی و ترافیکی حتی الامکان شبیه به هم و یا قابل مقایسه^۳ باشند [۶].

۴. تجزیه و تحلیل بیز

مطابق با نظریه های استنباط آماری، استنباط بیز روشی برای محاسبه فراوانی رویدادی است که در یک زنجیره پیشین روی داده و احتمال اینکه در آینده نیز اتفاق بیافتد، وجود دارد [۷]. در این روش، استنباط بر اساس ترکیب مشاهدات و اعتقادات پیشین صورت می گیرد. اعتقادات پیشین فرایند، در قالب یک تابع توزیع، که به همین نام خوانده می شود در نظر گرفته می شود. این اطلاعات، نشان دهنده رفتار جامعه آماری برای صفت مورد نظر است. ترکیب اطلاعات پیشین با مشاهدات، تولید کننده تابع توزیع پسین و یا همان تابع توزیع پس از انجام نمونه گیری است که ملاک استنباط قرار می گیرد. از این رو به دو دسته تابع توزیع نیاز است، یکی رفتار پیشین رویدادها را برآورد می کند و دیگری مشاهدات را با رفتار پیشین ترکیب می کند. اساس به دست آوردن

تابع توزیع پسین به شکل زیر است [۸و۷]:

(۸)

$$f(x_i/n_i, \theta) = \binom{n_i}{x_i} \theta^{x_i} (1-\theta)^{n_i-x_i} \quad 0 \leq x_i \leq n_i \quad 0 < \theta < 1, \quad i=1, \dots, m$$

که در آن:

x_i ، تعداد تصادفات رویداده از یک نوع خاص در مقطع i ، n_i ، تعداد کل تصادفات در مقطع i و θ ، پارامتر تابع توزیع (احتمال تصادف مورد نظر است) دو جمله ای و m تعداد مقاطع مورد مطالعه است.

در نظریه بیز پارامتر θ به عنوان متغیر تصادفی فرض می‌شود و بر اساس مشخصات آن تابع توزیع پیشین برای آن انتخاب می‌شود. در نظر گرفتن تابع توزیع پیشین در برآورد میزان مخاطره مناطق، مزیت اصلی روش بیز نسبت به روش‌های کلاسیک است [۶]. در این تحقیق θ ، در فاصله صفر و یک ($0 < \theta < 1$) قرار دارد. با توجه به این که خانوار تابع توزیع بتا این خصوصیت را داراست، بنابراین می‌تواند به عنوان تابع توزیع پیشین برای θ استفاده شود [۹]:

$$k(\theta/\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \quad 0 < \theta < 1 \quad (۹)$$

$$= \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \cdot \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \quad \alpha, \beta > 0 \quad (۱۰)$$

که در آن:

α و β ، پارامترهای تابع توزیع بتا و $\Gamma(s) = \int_0^\infty e^{-z} z^{s-1} dz$ تابع گاما است.

میانگین و واریانس تابع توزیع بتا برابر است با:

(۱۱)

$$E(\theta) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

$$\text{Var}(\theta) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2 (\alpha + \beta + 1)} \quad (۱۲)$$

۴. تابع توزیع پسین

استنباط آماری در تحلیل بیز بر اساس تابع توزیع پسین صورت می‌گیرد. بر اساس رابطه ۱، ابتدا باید تابع توزیع توأم تعریف شود. این تابع با استفاده از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$k(\theta|x) = \frac{f(\theta, x)}{g(x)} \quad (۱)$$

$$g(x) = \int f(\theta, x) d\theta \quad (۲)$$

$$f(\theta, x) = f(x|\theta)k(\theta) \quad (۳)$$

که در آن:

θ ، پارامتر تابع توزیع x ، مشاهدات: $k(\theta)$ ، تابع توزیع پیشین؛ $f(\theta, x)$ ، تابع توزیع توأم؛

$f(x|\theta)$ ، تابع توزیع x به شرط θ و $k(\theta|x)$ ، تابع توزیع

پسین، است.

به منظور برآورد θ ، باید معیاری برای تعیین میزان خطای برآورد تعریف شود، این معیار به تابع زیان $l(\theta, x)$ معروف است [۸و۷]. که در روابط زیر آمده است:

$$R(\theta, \delta(x)) = E[l(\theta, \delta(x))] \quad (۴)$$

$$= \int l(\theta, \delta(x)) f(x, \theta) dx \quad (۵)$$

که در آن:

(R, θ, δ, x) ، امید ریاضی تابع زیان، که تابع مخاطره نامیده می‌شود و $\delta(x)$ ، برآوردگر پارامتر θ است. با کمینه کردن تابع زیان (R, θ, δ, x) به دست می‌آید. با در نظر گرفتن تابع توزیع پیشین و تابع زیان‌های گوناگون برآوردگرهای متفاوتی برای θ به دست می‌آیند. اگر تابع زیان مربع خطا باشد، یعنی:

$$l(\theta, \delta) = (\delta(x) - \theta)^2 \quad (۶)$$

آنگاه:

$$\hat{\theta}(x) = E(\theta|x) \quad (۷)$$

یعنی برآوردگر بیز پارامتر θ با تابع توزیع پیشین $k(\theta)$ و تابع زیان مربع خطا، میانگین تابع توزیع پسین است [۸و۷].

۴-۱-۴ توزیع پیشین

بر اساس تعریف فرایند دو جمله‌ای^۵ تابع توزیع تصادفات از یک نوع خاص، از توزیع دو جمله‌ای پیروی می‌کند. بر این اساس، تابع توزیع تصادف (در یک مقطع) عبارت است از [۸]:

برای محاسبه آن در نرم افزار *Statistica* زیر برنامه مورد نیاز نوشته شده است. در پیوست ۱ الگوریتم برآورد پارامترها ارائه شده است.

۵. تحلیل مخاطره

تابع توزیع پسین نشان دهنده رفتار پارامتر θ ، پس از مشاهده X_1, X_2, \dots, X_k و ترکیب آن با تابع توزیع پیشین است. با در نظر گرفتن تابع مخاطره درجه دوم، برآوردگر بیز شاخص موردنظر در مقطع i ، برابر با میانگین تابع توزیع پسین است.

$$E(\theta_i | x_i, n_i) = \frac{\alpha + x_i}{\alpha + \beta + n_i} \quad i = 1, \dots, m \quad (22)$$

این معیار می تواند به عنوان اولین شاخص برای اندازه گیری مخاطره مناطق مورد استفاده قرار گیرد. برای اندازه گیری دقیق تر خطر پذیری یک مقطع، می توان از برآورد فاصله ای برای میانگین مخاطره نیز استفاده کرد. θ^m میانه تابع توزیع پیشین است. این مقدار به وسیله حل انتگرال زیر به دست می آید:

$$\int_{\theta=\theta^m}^1 k(\theta | \alpha, \beta) d(\theta) = 0.5 \quad (23)$$

در عمل، معادله فوق زمانی قابل حل است که مقادیر پارامترهای α, β مشخص باشند. از این رو باید این دو پارامتر برآورد و یا اینکه مقادیری برای آنها به طور پیش فرض منظور شود. با استفاده از مقدار θ^m ، می توان شاخصی برای خطر پذیری مناطق تعریف کرد:

$$B_i = \int_{\theta=\theta^m}^1 h(\theta | \alpha + x_i, \beta + n_i - x_i) d\theta \quad (24)$$

$$= \Pr(\theta > \theta^m) \quad (25)$$

مقطع پر مخاطره، مقطعی است که احتمال خطر در آن بیش از حد نرمال (مقدار میانه) باشد. B_i نشان دهنده این احتمال است. به منظور بهره برداری از روش بیز در تعیین میزان مخاطره مناطق، پس از مشخص کردن جامعه مناطق همگن در طول یک و یا چند محور، تعدادی از این مناطق به عنوان نمونه در نظر گرفته می شوند و مجموع تصادفات منجر به فوت ثبت شده در این

$$f(\theta, x_i) = f(x_i | \theta) k(\theta | \alpha, \beta) \quad (13)$$

$$= \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \binom{n_i}{x_i} \theta^{x_i} (1-\theta)^{n_i-x_i} \quad (14)$$

$$= \binom{n_i}{x_i} \frac{B(\alpha + x_i, \beta + n_i - x_i)}{B(\alpha, \beta)} \theta^{\alpha+x_i-1} (1-\theta)^{\beta+n_i-x_i-1}$$

رابطه ۱۳ تابع توزیع توأم دو متغیر X_i, θ است که بنا-دوجمله ای نامیده می شود و میانگین و واریانس آن عبارت است از [۳ و ۸]:

$$E[X_i] = n_i \cdot p \quad (15)$$

$$Var(X_i) = \frac{(n_i + \alpha + \beta) \cdot n_i \cdot p \cdot (1-p)}{1 + \alpha + \beta} \quad (16)$$

$$p = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (17)$$

با توجه به نظریه بیز، تابع توزیع پسین عبارت است از:

$$h(\theta | \alpha + x_i, \beta + n_i - x_i) = \frac{\theta^{\alpha+x_i-1} (1-\theta)^{\beta+n_i-x_i-1}}{B(\alpha + x_i, \beta + n_i - x_i)} \quad 0 < \theta < 1$$

همان طور که در رابطه ۱۸ دیده می شود، توزیع پسین به دست آمده، تابع توزیع بتایی است که به پارامترهای α و β اولیه بستگی دارد.

برای استفاده از روش بیز، ابتدا باید پارامترهای α و β برآورد شود. با توجه به رابطه موجود بین میانگین و واریانس تابع توزیع بتا-دوجمله ای و با استفاده از روش تکراری نیوتن-رافسون^۱ برآوردهای *QMLE* دو پارامتر α, β از مشتق گرفتن از تابع درستمایی توزیع بتا-دوجمله ای $L(p, \theta)$ نسبت به دو پارامتر p, θ به دست می آید [۱۰]. البته نیاز به تغییر پارامتر است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\phi = \frac{1}{\alpha + \beta + 1} \quad (19)$$

$$p = \frac{\phi}{1 + \phi} \quad (20)$$

$$l(p, \theta) = \prod_{i=1}^m \binom{n_i}{X_i} \frac{\prod_{r=0}^{x_i-1} (p + r\theta) \prod_{r=0}^{n_i-x_i-1} (1-p+r\theta)}{\prod_{r=0}^{n_i-1} (1+r\theta)} \quad (21)$$

علت انتخاب تمام محورها از یک نوع راه، همگن شدن جامعه مورد بررسی از نظر خصوصیات فنی و ترافیکی راه است. در جدول ۱، اطلاعات ترافیکی و تصادفات رویداده در این محورها در طول سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۸ آمده است.

ابتدا میزان مخاطره مناطق بر اساس محاسبه درصد تصادفات منجر به فوت نسبت به کل تصادفات، ارایه شده است. برای این منظور بر اساس الگوریتم مطرح شده در قسمت قبل، تابع توزیع مجموع تصادفات منجر به فوت برای تمامی محورها نسبت به کل تصادفات رویداده در آنها و با استفاده از رابطه ۲۱ (مقادیر α, β)، برآورد شده است.

جدول ۲. برآورد پارامترهای α, β برای محاسبه در صد فوت شدگان^۸

پارامتر	مقدار برآورد
α	۵۲
β	۴۹۷

با استفاده از مقادیر پارامترهای برآورد شده، مقدار میانه با استفاده از رابطه ۲۲: $\theta^m = 0.09$ به دست می‌آید. بر این اساس مقادیر مربوط به میانگین توزیع پسین و مقدار B_i مربوط به ۷ محور به ترتیب صعودی در جدول شماره ۳ ارایه شده است.

مناطق در طی یک دوره زمانی، مشخص می‌شود. میزان مخاطره مناطق را می‌توان با دو رویکرد اندازه‌گیری کرد. در رویکرد اول جامعه آماری، تعداد کل تصادفات و در رویکرد دوم تعداد کل تردد فرض شده است.

۶. الگوریتم اندازه‌گیری مخاطره مناطق

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات تصادفات، تردد و مشخصات محورها.
 - برآورد پارامترهای اولیه α, β بر اساس تابع توزیع توأم بتا دو جمله‌ای.
 - محاسبه میانگین تابع توزیع پسین بر اساس اطلاعات سال آخر.
 - محاسبه شاخص مخاطره B_i بر اساس اطلاعات سال آخر.
- با استفاده از رابطه ۲۱ پارامترهای (α, β) برآورد می‌شوند. با تخمین این دو پارامتر، تابع توزیع پسین نیز مشخص می‌گردد. برای اندازه‌گیری میزان مخاطره مناطق، میانگین تابع توزیع پسین برای هر مقطع با استفاده از رابطه شماره ۲۲ محاسبه می‌شود. همچنین با استفاده از رابطه شماره ۲۵ می‌توان برآوردی دقیق‌تر از میزان مخاطره مناطق ارایه کرد. به این منظور با محاسبه میانه تابع توزیع پیشین θ^m با استفاده از رابطه شماره ۲۳، مقدار B_i برای هر مقطع محاسبه می‌شود.
- با استفاده از هریک از دو معیار میانگین تابع توزیع پسین و B_i

جدول ۱. اطلاعات مربوط به تصادف و ترافیک ۷ محور [۱۱]

سال	۱۳۷۵			۱۳۷۶			۱۳۷۷			۱۳۷۸		
	فوتی	کل تصادفات	حجم ترافیک عبوری	فوتی	کل تصادفات	حجم ترافیک عبوری	فوتی	کل تصادفات	حجم ترافیک عبوری	فوتی	کل تصادفات	حجم ترافیک عبوری
۱	۲۴	۸۶۴	۳۳۲۳	۱۲	۵۸۴	۴۲۱۴	۱۲	۶۲۰	۲۵۱۸	۴	۳۷۲	۲۶۵۱
۲	۲۱	۱۳۱۶	۲۷۴۱	۵۶	۱۲۲۵	۳۸۲۱	۱۴	۱۲۸۸	۳۴۶۶	۳۵	۸۸۲	۳۹۰۲
۳	۲۷	۲۱۵	۲۵۱۲	۱۵	۲۵۵	۳۸۳۹	۴۲	۵۲۸	۴۶۰۲	۶	۹۹	۳۴۰۲
۴	۱۲	۲۵۶	۱۰۸۲۸	۱۳	۲۶۸	۱۲۹۶۸	۱۵	۲۱۵	۱۱۳۳۰	۸	۱۸۲	۱۲۳۵۶
۵	۳۶	۳۲۷	۲۲۱۱	۳۰	۳۲۴	۳۲۱۶	۱۲	۲۵۵	۲۸۵۸	۱۲	۱۸۰	۳۳۸۲
۶	۱۴	۱۹۶	۵۰۱۵	۸	۱۶۰	۶۴۷۲	۲۱	۱۵۶	۵۶۹۳	۷	۱۳۴	۵۵۸۸
۷	۱۶	۵۴۶	۳۹۰۰	۱۲	۴۷۲	۵۵۷۱	۸	۳۷۸	۵۳۳۹	۲	۱۴۸	۵۷۳۶

جدول ۳. محاسبه مقدار میانگین پسین و محاسبه شاخص B_i برای درصد تصادفات منجر به فوت

محور	میانگین پسین	B_i
سلماس - خوی	۰/۰۶۰۸	۰/۰۰۰۰
مهاباد- میان دوآب	۰/۰۶۰۸	۰/۰۰۰۴
سه راهی قروه- همدان	۰/۰۷۷۵	۰/۱۰۰۵
شیراز- فسا	۰/۰۸۲۱	۰/۱۹۷۲
باغین- کرمان	۰/۰۸۶۴	۰/۳۳۵۰
قیر- جهرم	۰/۰۸۷۸	۰/۳۸۲۳
شوشتر- دزفول	۰/۰۸۹۵	۰/۴۴۴۸
خرمشهر- اهواز	۰/۰۹۱۴	۰/۵۰۶۵

در این مرحله، میزان مخاطره مناطق بر اساس نسبت تعداد تصادفات رویداده به میزان حجم ترافیک عبوری، بررسی شده است [۱۲]. برای این منظور با استفاده از همان الگوریتم مطرح شده، پارامترهای تابع توزیع تعداد تصادفات رویداده برای تمامی محورها نسبت به مجموع ترافیک عبوری α', β' آن محاسبه شده است^۹ (جدول شماره ۴).

جدول ۴. برآورد پارامترهای α', β' برای محاسبه درصد

تصادفات نسبت به حجم ترافیک عبوری

پارامتر	مقدار برآورد
α'	۲
β'	۴۰۱

جدول ۵. محاسبه مقدار میانگین پسین و محاسبه شاخص B'_i برای درصد تصادفات نسبت به حجم ترافیک عبوری

محور	میانگین پسین	B'_i
شیراز- فسا	۰/۰۱۴۴	۰/۰
همدان- سنندج	۰/۰۲۴۴	۰/۰
باغین- کرمان	۰/۰۲۲۶	۰/۰۰۵۳
خرمشهر- اهواز	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۹۲
مهاباد- میاندوآب	۰/۱۲۲۳	۰/۰۸۳۵
شوشتر- دزفول	۰/۰۲۶۵	۰/۰۹۶۷
قیر- جهرم	۰/۰۴۸۰	۰/۷۱۶۴
سلماس - خوی	۰/۲۰۵۲	۱/۰

با استفاده از مقادیر پارامترهای برآورد شده، مقدار میانگین $\theta_m = ۰/۰۰۳$ است. بر این اساس مقادیر مربوط به میانگین توزیع پسین و مقدار B'_i مربوط به ۷ مقطع، در جدول شماره ۵ ارائه شده است. همچنین میانگین پسین برای این نسبت نیز محاسبه شده است.

۸. نتیجه گیری

یکی از عوامل مهم در پیش بینی تصادفات در یک مقطع حادثه خیز، آمار تصادفات رخ داده در آن است. هر چه تعداد تصادفات رویداده در یک مقطع نسبت به ترافیک عبوری در آن بیشتر باشد، نشان دهنده وجود عوامل مخاطره آمیز در آن مقطع است. دومین عاملی که در اولویت بندی مناطق حادثه خیز مهم است، شدت تصادفات است. نسبت تصادفات منجر به فوت، به کل تصادفات رخ داده در یک مقطع، می تواند نشان دهنده شدت تصادفات آن مقطع باشد. بنابراین در این تحقیق با بررسی هر دو پارامتر مذکور مناطق حادثه خیز به لحاظ احتمال وقوع و شدت آن اولویت بندی شده اند. شناخت رفتار یک مقطع به لحاظ حادثه خیزی باید بر اساس تابع توزیع تصادفات رویداده در آن مقطع نسبت به ترافیک عبوری تعیین شود. هر چه دقت برازش یک تابع توزیع بر آمار تصادفات بیشتر باشد، پیش بینی تصادفات در آینده دقیق تر می شود. در این مقاله با استفاده از تئوری بیز، مدلی برای روش بیز جهت استفاده در تعیین میزان مخاطره مناطق همسان معرفی شده است. دقت روش معرفی شده در مقایسه با سایر روشهای دیگر در صورت وجود داده پرت بیشتر است. با استفاده از این روش می توان با نمونه گیری از تعدادی محور و مطالعه آنها، شاخص ایمنی برای همه محورهای مشابه را تعیین کرد. البته لازم به یاد آوری است که روش مذکور با وجود این که از روشهای استنباط آماری است اما نسبت به فرض های اولیه خود، یعنی تابع توزیع پیشین و تابع مخاطره حساس است. روش بیز، با توجه به نمونه گیری از مناطق مشابه در تعیین میزان مخاطره منطق، نسبت به روش کلاسیک از انحرافات کمتری برخوردار است.

۹. مراجع

۱. بهبهانی، حمید، شعبانی، شاهین (۱۳۸۳) "ارزیابی روش های شناسایی مکان های حادثه خیز در شبکه راه ها" مجله جاده، شماره ۵۱، صفحه ۷۸-۹۹.

۱۱. نتایج تردد شماری راه‌های کشور- یافته‌های آماری- دفتر فناوری اطلاعات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای -۱۳۷۸- ۱۳۷۵

12. Dickerson, A. Peirson, J. and Vickerman, R. (1998) "Road accidents traffic flows: An econometric investigation ", n.p.

پانویس ها:

۱- میانگین حجم ترافیک عبوری یک مسیر

2- Least square error

۳- به عبارتی دیگر همگن باشد.

4- Loss function

5- Binomial

6- Newton-Raphson

7- Quasi- maximum likelihood estimate

۸. آمار و اطلاعات استفاده شده مربوط به سه سال است

۹. محاسبه ضرایب α, β در رابطه شماره ۲۰ و ۲۱ است.

2. Bolduc, D. and Bonin, S. (1998) "Bayesian analysis of road accidents: a general framework for the multinomial case", Programme d' Action Concertee de soutiona la recherche en securite routiere.

۳. شرکت بنیاد ترافیک ایران (۱۳۸۳) "گزارش تعیین مناطق حادثه‌خیز برای راه‌های ایران".

4. Hauer, E. (1986) "On the estimation of expected number of accidents, accident analysis and prevention, Vol. 18, No. 1, p. 1-12.

5. Montgomery, D. Peck, E. and Geoffrey ,G (2006) "Introduction to linear regression analysis", 4th edition, John Wiley and Sons.

6. Higle, J. L. and Witkowski, J. M. (1989) "Bayesian identification of hazardous locations", Transportation Research Record, 1185, p..24-36.

7. Bernardo, J.M. and Smith, A. F. M. (1994) "Bayesian theory", John Wiley and Sons.

۸. پارسیان، احمد (۱۳۷۹) "استنباط آماری"، اصفهان: انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ اول.

9. Gupta, Arjun, K. and Nadarajah, Saraless (2006) "Handbook of Beta distribution and its applications", Marcel Dekker.

10. Smith, D. M. (1983) "Maximum likelihood estimation of the parameters of beta-binomial distribution", J. Statist. Soc. Ser. B. Vol 39, p.1-5.

$$O = - \begin{bmatrix} \frac{d^2 \ell}{dP^2} & \frac{d^2 \ell}{dP d\theta} \\ \frac{d^2 \ell}{d\theta dP} & \frac{d^2 \ell}{d\theta^2} \end{bmatrix}$$

پیوست:

برای برآورد پارامترهای تابع توأم بتا-دوجمله‌ای داریم:

$$f(y_i) = \binom{n_i}{y_i} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \frac{\Gamma(y_i + \alpha)\Gamma(n_i - y_i + \beta)}{\Gamma(n_i + \alpha + \beta)}$$

$$E[Y_i] = n_i P \quad Var(Y_i) = n_i P(1-p)\phi_i$$

$$\phi_i = 1 + (n_i - 1)\phi$$

تابع درستنمایی برای ϕ و P :

$$L(P, \phi) = \prod_i f(y_i)$$

$$L(P, \theta) = \prod_i \binom{n_i}{y_i} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \frac{\Gamma(y_i + \alpha)}{\Gamma(\beta)\Gamma(\alpha)}$$

$$\frac{\Gamma(y_i + \alpha)\Gamma(n_i - y_i + \beta)}{\Gamma(n_i + \alpha + \beta)}$$

$$\theta = \frac{\phi}{1 + \phi}$$

$$= \prod_i \binom{n_i}{y_i} \frac{\prod_{r=0}^{y_i-1} (P+r\theta) \prod_{r=0}^{n_i-y_i-1} (1-P+r\theta)}{\prod_{r=0}^{n_i-1} (1+r\theta)}$$

اگر $\ell(P, \theta)$ لگاریتم طبیعی تابع درستنمایی $L(P, \theta)$ باشد، در این صورت:

$$\frac{d\ell}{dP} = \sum_i \sum_{r=0}^{y_i-1} \left(\frac{1}{P+r\theta} \right) - \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-y_i-1} \left(\frac{1}{1-P+r\theta} \right)$$

$$\frac{d\ell}{d\theta} = \sum_i \sum_{r=0}^{y_i-1} \left(\frac{r}{P+r\theta} \right) + \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-y_i-1} \left(\frac{r}{1-P+r\theta} \right) - \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-1} \left(\frac{r}{1+r\theta} \right)$$

$$\frac{d^2 \ell}{dP^2} = \sum_i \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{(P+r\theta)^2} - \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-y_i-1} \frac{1}{(1-P+r\theta)^2}$$

$$\frac{d^2 \ell}{d\theta^2} = \sum_i \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{-r^2}{(P+r\theta)^2} - \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-y_i-1} \frac{r^2}{(1-P+r\theta)^2} + \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-1} \frac{r^2}{(1+r\theta)^2}$$

$$\frac{d^2 \ell}{d\theta dP} = \sum_i \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{-r}{(P+r\theta)^2} + \sum_i \sum_{r=0}^{n_i-y_i-1} \frac{r}{(1-P+r\theta)^2}$$

P, θ به وسیله تکرار حل معادلات

$$\begin{bmatrix} P \\ \theta \end{bmatrix}_m = \begin{bmatrix} P \\ \theta \end{bmatrix}_{m-1} + O_{m-1}^{-1} S_{m-1}$$

به دست می‌آید. مقادیر اولیه $P = \frac{\sum_i \sum_{j=1}^n y_{ij}}{n}, \theta = 0$ است.

Utilization of Bayesian Method for risk estimation of areas in Accident Prone Areas

M. Saffarzadeh, Associate Professor, Department of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

H. Ganji Zahraiee, Member of the Academic Board, Transportation Research Institute, Ministry of Roads and Transportation, Tehran, Iran

*A. M. Boroujerdian, Ph. D. Candidate, Department of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: saffar_m@modares.ac.ir*

ABSTRACT

The appropriate allocation of development budget for the safety upgrading of roads is one of the most specific safety management criteria in the roads. Determining the high risk areas and their prioritization for their accident probability is the fundamental step for planning of the roads safety.

The determination of the risk of an area, is usually implemented by the investigating the frequency of accidents, rate of accidents, and the intensity of accidents. In this paper making use of Bayesian Theory, a method for determination of the risk in various points in a road and their prioritization is developed. In this method, on the basis of present information on accidents in one section, (which may be according to the engineering judgment or the statistics of accidents in the past years), the accident risk of the section is estimated and then by observation the real accidents occurred up to the end of the year, the risk rate of that section is estimated. Then these areas (which are similar to each other from traffic and geometrical points of view) are prioritized on the basis of their accident probability.

One of the major factors in prediction of accidents in an accident prone section is the number of occurred accidents there. The greater the number of accidents compared to the traffic volume, the higher the number of risky factors. The second factor responsible for the accident probability of a section in the road is the intensity of accidents. The ratio of accidents which are ended to death toll, to the total number of accidents on that section is the intensity rate of accidents. Therefore in this research the accident prone areas are prioritized according to both parameters for their probability of accidents.

The behavior of a section in the road for its accident proneness should be specified according to the distribution function of accidents there, to the traffic volume on that section. The higher the accuracy of fitting of a distribution functions on the accidents statistics, the more precise will be the prediction of accidents in the future.

In this paper a model has been developed on the basis of Bayesian theory for determination of the risk rate of an area. The accuracy of the developed method comparing to other models is higher, in case of availability if some pert data in the study. By using this method it would be possible to determine the safety criteria for all the similar points through sampling of some points and studying their characteristics. Not to mention that the developed method, although is one of the statistical inference methods, but is sensitive towards its preliminary assumptions which are the former distribution function and the risk function. Due to sampling of similar areas, the Bayesian Method is more accurate for determination of the risk factor compared to classic methods.

Keywords: Bayesian Method, accidents, risk estimation, distribution function, risk function