

## استفاده از روش بیز در برآورد مخاطره مناطق در محور های همسان

محمود صفارزاده، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

هادی گنجی زهرایی، عضو هیات علمی، پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و ترابری، تهران، ایران

امین میرزا بروجردیان، دانشجوی دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

**E-mail: saffar\_m@modares.ac.ir**

### چکیده:

تخصیص مناسب بودجه های عمرانی برای ارتقاء ایمنی راهها، از مهم ترین مراحل مدیریت ایمنی شبکه راه ها است. تعیین مناطق پر مخاطره و اولویت بندی آنها به لحاظ مخاطره آمیز بودن، اساس برنامه ریزی ایمن سازی شبکه حمل و نقل به شمار می آید.

معمولاً تعیین میزان مخاطره مناطق، از طریق بررسی فراوانی تعداد تصادفات، نرخ تصادفات و یا شدت تصادفات انجام می گیرد. در این مقاله با استفاده از نظریه بیز روشی برای تعیین میزان مخاطره آمیز بودن مناطق و اولویت بندی آنها ارائه شده است. در این روش بر اساس اطلاعات موجود از تصادفات در یک مقطع (که می تواند قضاوت مهندسی و یا آمار رویداد تصادفات در سال های گذشته را نیز شامل می شود)، رفتار حادثه خیزی آن برآورد شده و سپس با استفاده از مشاهده رویداد تصادف در سال آخر، میزان مخاطره آمیزی آن مقطع برآورد می شود، سپس این مناطق (که از نظر خصوصیات مختلف ترافیکی و هندسی مشابه هستند)، بر اساس احتمال حادثه خیزی آنها اولویت بندی می شوند.

واژه های کلیدی: نظریه بیز، مقطع حادثه خیز، اولویت بندی، تابع توزیع پیشین، تابع توزیع پسین

## ۱. مقدمه

امروزه، روشهای پیش بینی تصادفات ابزاری قوی در تحلیل تصادفات به شمار می آیند و در شناسایی و تحلیل حادثه خیزی راهها بکار می روند. 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 راهها است. به دلیل گستردگی و پیچیدگی علل تصادفات ترافیکی، شناسایی مناطق حادثه خیز و ارایه راهکارهای پیشگیری از وقوع آنها بسیار مشکل است. تشخیص درست مناطق حادثه خیز به منظور اتخاذ شیوه پیشگیری مناسب، از اهمیت بسیازی برخوردار است. هر چه دقت روش اتخاذ شده در برآورد میزان مخاطره مناطق بیشتر باشد، تخصیص بودجه های ایمن سازی مناطق حادثه خیز بهینه تر خواهد بود. به مکان هایی از شبکه راه که در یک دوره زمانی مشخص دارای پتانسیل و شرایط بالقوه وقوع حادثه باشند، مقطع حادثه خیز گویند [۱]. البته میزان مخاطره این مناطق باید با توجه به شرایط فیزیکی و عملکردی آنها تعیین شود. تعریف مقطع حادثه خیز در مطالعات مختلف به صورت های گوناگون انجام شده است، که به ۲ نمونه از آنها در زیر اشاره شده است [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.

## ۲. روشهای اولویت بندی مناطق حادثه خیز

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

۱- نرخ تعداد کشته ها به ازای ۱۰۰ هزار نفر جمعیت (روشی متداول در اکثر کشورها)،

۲- نرخ تعداد کشته ها 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 و

## ۱۱- وزن دهی تعداد تصادفات، شدت میانگین و ADT<sup>1</sup>.

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 می شود 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 محور های 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

---

<sup>1</sup> میانگین حجم ترافیک عبوری یک مسیر

رویداد در مناطق همسان است [۳]، در صورتی که بدون انجام آزمون فرض، نمی توان استنباط های 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 پارامتر های مدل رگرسیونی با استفاده از روش کمترین مجموع مربعات<sup>۱</sup> 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 [۴ و ۵].

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 [۳ و ۶]. 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<sup>۲</sup> 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

---

<sup>۱</sup> least square error

<sup>۲</sup> بعبارتی دیگر همگن باشد.

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 [۸ و ۷]:

$$h(\theta|x) = \frac{f(\theta, x)}{g(x)} \quad (1)$$

$$g(x) = \int f(\theta, x) d\theta \quad (2)$$

$$f(\theta, x) = f(x|\theta) h(\theta) \quad (3)$$

که در آن :

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

$f(x|\theta)$ ، تابع توزیع  $x$  به شرط  $\theta$  و  $h(\theta|x)$ ، تابع توزیع پسین، است.

به منظور برآورد  $\theta$ ، باید معیاری برای تعیین میزان خطای برآورد تعریف شود، این معیار به تابع

زیان<sup>۱</sup>  $l(\theta, x)$  معروف است [۸ و ۷]. که در روابط زیر آمده است:

$$R(\theta, \delta(x)) = E[l(\theta, \delta(x))] \quad (4)$$

$$= \int l(\theta, \delta(x)) f(x, \theta) dx \quad (5)$$

که در آن:

$R(\theta, \delta(x))$ ، امید ریاضی تابع زیان، که تابع مخاطره نامیده می شود و  $\delta(x)$ ، برآوردگر

پارامتر  $\theta$  است. با کمینه کردن تابع  $R(\theta, \delta(x))$ ،  $\delta(x)$  بدست می آید. با در نظر گرفتن تابع توزیع

---

<sup>۱</sup> - Loss Function

پیشین و تابع زیان های گوناگون برآوردگرهای متفاوتی برای  $\theta$  بدست می آید. اگر تابع زیان مربع خطا باشد، یعنی:

$$l(\theta, \delta) = (\delta(x) - \theta)^2 \quad (6)$$

آن گاه:

$$\hat{\delta}(x) = E(\theta|x) \quad (7)$$

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

#### ۴-۱- توزیع پیشین:

بر اساس تعریف فرایند دوجمله ای<sup>۱</sup> تابع توزیع تصادفات از یک نوع خاص، از توزیع دوجمله ای پیروی می کند. بر این اساس، تابع توزیع تصادف (در یک مقطع) عبارت است از [۸]:

$$f(x_i / n_i, \theta) = \binom{n_i}{x_i} \theta^{x_i} (1-\theta)^{n_i-x_i} \quad 0 \leq x_i \leq n_i \quad 0 < \theta < 1, \quad i=1, m \quad (8)$$

که در آن:

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

در نظریه بیز پارامتر  $\theta$  به عنوان متغیر تصادفی فرض می شود و براساس مشخصات آن تابع توزیع پیشین برای آن انتخاب می شود. در نظرگرفتن تابع توزیع پیشین در برآورد میزان مخاطره مناطق،

---

<sup>1</sup> Binomial

مزیت اصلی روش بیز نسبت به روش های کلاسیک است [۶]. در این تحقیق  $\theta$ ، در فاصله صفر و

یک ( $0 < \theta < 1$ ) قرار دارد. با توجه به اینکه خانوار تابع توزیع بتا این خصوصیت را در اختیار دارد، لذا

می تواند بعنوان تابع توزیع پیشین برای  $\theta$  استفاده شود [۹]:

$$k(\theta/\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \quad \begin{matrix} 0 < \theta < 1 \\ \alpha, \beta > 0 \end{matrix} \quad (9)$$

$$= \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \quad (10)$$

که در آن:

$\alpha$  و  $\beta$ ، 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:

$$E(\theta) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (11)$$

$$\text{Var}(\theta) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2 (\alpha + \beta + 1)} \quad (12)$$

#### ۴. تابع توزیع پسین

استنباط آماری در تحلیل بیز بر اساس تابع توزیع پسین صورت می گیرد. بر اساس رابطه ۱، ابتدا

باید تابع توزیع توام تعریف شود. این تابع با استفاده از رابطه ۱۲ محاسبه می شود:

$$f(\theta, x_i) = f(x_i|\theta) \cdot k(\theta|\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \cdot \binom{n_i}{x_i} \theta^{x_i} (1-\theta)^{n_i-x_i} \quad (12)$$

$$= \binom{n_i}{x_i} \frac{B(\alpha + x_i, \beta + n_i - x_i)}{B(\alpha, \beta)} \theta^{\alpha + x_i - 1} (1 - \theta)^{\beta + n_i - x_i - 1} \quad (13)$$

رابطه ۱۳ تابع توزیع توام دو متغیر  $X_i, \theta$  است که بتا- دوجمله ای نامیده می شود و میانگین و

واریانس آن عبارت است از [۸ و ۳]:

$$E[X_i] = n_i \cdot p \quad (14)$$

$$\text{Var}(X_i) = \frac{(n_i + \alpha + \beta) \cdot n_i \cdot p \cdot (1 - p)}{1 + \alpha + \beta} \quad (15)$$

$$p = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (16)$$

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

$$h(\theta | \alpha + x_i, \beta + n_i - x_i) = \frac{\theta^{\alpha + x_i - 1} (1 - \theta)^{\beta + n_i - x_i - 1}}{B(\alpha + x_i, \beta + n_i - x_i)} \quad 0 < \theta < 1 \quad (17)$$

همانطور که در رابطه ۱۷ دیده می شود، توزیع پسین به دست آمده، تابع توزیع بتایی است که به

پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  اولیه بستگی دارد.

برای استفاده از روش بیز، ابتدا باید پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  برآورد شود. با توجه به رابطه موجود بین

میانگین و واریانس تابع توزیع بتا-دوجمله ای و با استفاده از روش تکراری نیوتن-رافسون<sup>۱</sup> برآورد

های  $QMLE$  دو پارامتر  $\alpha, \beta$  از مشتق گرفتن از تابع درستنمایی توزیع بتا-دوجمله ای  $L(p, \theta)$

نسبت به دو پارامتر  $p, \theta$  به دست می آید [۱۰]. البته نیاز به تغییر پارامتر می باشد که به صورت زیر

تعریف می کنیم:

$$\phi = \frac{1}{\alpha + \beta + 1} \quad (18)$$

---

<sup>1</sup> Newton-Raphson  
<sup>2</sup> Quasi- maximum Likelihood Estimate

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

$$L(p, \theta) = \prod_{i=1}^m \binom{n_i}{X_i} \frac{\prod_{r=0}^{x_i-1} (p + r\theta) \prod_{r=0}^{n_i-x_i-1} (1 - p + r\theta)}{\prod_{r=0}^{n_i-1} (1 + r\theta)} \quad (20)$$

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

### ۵. آنالیز مخاطره

تابع توزیع پسین نشان دهنده رفتار پارامتر  $\theta$ ، 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 مورد نظر در مقطع  $1$ ، برابر با میانگین تابع توزیع پسین است.

$$E(\theta_i | x_i, n_i) = \frac{\alpha + x_i}{\alpha + \beta + n_i} \quad i = 1, \dots, m \quad (21)$$

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.  $\theta^m$  میانه تابع توزیع پیشین است. این مقدار بوسیله حل انتگرال زیر به دست می آید:

$$\int_{\theta=\theta^m}^1 k(\theta | \alpha, \beta) d(\theta) = 0.5 \quad (22)$$

در عمل، معادله فوق زمانی قابل حل است که مقادیر پارامترهای  $\alpha, \beta$  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  $\theta^m$ ، می توان شاخصی برای خطر پذیری مناطق تعریف کرد:

$$B_i = \int_{\theta=\theta^m}^1 h(\theta|\alpha + x_i, \beta + n_i - x_i) d\theta \quad (23)$$

$$= P(\theta > \theta^m) \quad (24)$$

مقطع پر مخاطره، مقطعی است که احتمال خطر در آن بیش از حد نرمال (مقدار میانه) باشد.  $B_i$

نشان دهنده این احتمال است<sup>۱</sup>.

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 مناطق در طی یک دوره زمانی، مشخص می شود. میزان مخاطره مناطق را می توان با دو رویکرد اندازه گیری کرد. در رویکرد اول جامعه آماری، تعداد کل تصادفات و در رویکرد دوم تعداد کل تردد فرض شده است.

## ۶- الگوریتم اندازه گیری مخاطره مناطق

۱- جمع آوری آمار و اطلاعات تصادفات، تردد و مشخصات محور ها.

۲- برآورد پارامترهای اولیه  $\alpha, \beta$  بر اساس تابع توزیع توام بتا-دوجمله ای.

۳- محاسبه میانگین تابع توزیع پسین بر اساس اطلاعات سال آخر.

۴- محاسبه شاخص مخاطره  $B_i$  بر اساس اطلاعات سال آخر.

<sup>۱</sup> به دلیل چوله بودن تابع توزیع، شاخص مورد نظر برای مقایسه میانه انتخاب شده است

با استفاده از رابطه ۲۰ پارامترهای  $(\alpha, \beta)$  برآورد می شوند. با تخمین این دو پارامتر، تابع توزیع پسین نیز مشخص می گردد. برای اندازه گیری میزان مخاطره مناطق، میانگین تابع توزیع پسین برای هر مقطع با استفاده از رابطه شماره ۲۱ محاسبه می شود.

همچنین با استفاده از رابطه شماره ۲۴ می توان برآوردی دقیق تر از میزان مخاطره مناطق ارائه کرد. به این منظور با محاسبه میانه تابع توزیع پیشین  $\theta^m$  با استفاده از رابطه شماره ۲۲، مقدار  $B_i$  برای هر محاسبه می شود.

با استفاده از هر یک از دو معیار میانگین تابع توزیع پسین و  $B_i$  می توان مناطق مورد مطالعه را به لحاظ مخاطره آمیز بودن اولویت بندی کرد. هر مقطع ای که دارای مقدار میانگین بیشتر و یا  $B_i$  بیشتر باشد، مخاطره آمیزتر است. البته می توان یک مقدار حداقلی را برای  $B_i$  منظور کرد.

#### ۷- مطالعه موردی

در این مثال،  $m=7$  محور از راه های اصلی کشور انتخاب شده اند. علت انتخاب تمام محور ها 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 محور ها در طول سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۸ آمده است.

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

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

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 محور ها نسبت به کل تصادفات رویداده در آنها و با استفاده از  
 رابطه ۲۱ (مقادیر  $\alpha, \beta$ )، برآورد شده است.

جدول ۲- برآورد پارامترهای  $\alpha, \beta$  برای محاسبه درصد فوت شدگان<sup>۱</sup>

مقدار برآورد	پارامتر
۵۲	$\alpha$
۴۹۷	$\beta$

با استفاده از مقادیر پارامترهای برآورد شده، مقدار میانه با استفاده از رابطه ۲۲؛  $\theta^m = ۰/۰۹$  بدست  
 می آید. بر این اساس مقادیر مربوط به میانگین توزیع پسین و مقدار  $B_i$  مربوط به  $\gamma$  محور به ترتیب  
 صعودی در جدول شماره ۳ ارایه شده است.

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

محور	میانگین پسین	$B_{li}$
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

<sup>۱</sup> آمار و اطلاعات استفاده شده مربوط به سه سال است.

۰.۴۴۸	۰.۰۸۹۵	شوشتر-دزفول
۰.۵۰۶۵	۰.۰۹۱۴	خرمشهر-اهواز

در این مرحله، میزان مخاطره مناطق بر اساس نسبت تعداد تصادفات روی داده 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  $\alpha', \beta'$  آن محاسبه شده است<sup>۱</sup> (جدول شماره ۴).

جدول ۴- برآورد پارامترهای  $\alpha', \beta'$  برای محاسبه درصد تصادفات نسبت به حجم ترافیک عبوری

پارامتر	مقدار برآورد
$\alpha'$	۲
$\beta'$	۴۰۱

با استفاده از مقادیر پارامترهای برآورد شده، مقدار میانه  $\theta_m = ۰/۰۰۳$  می باشد. 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.

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

<sup>۱</sup> محاسبه ضرایب  $\alpha, \beta$  در رابطه شماره ۲۰ و ۲۱ است.

۰,۰۰۹۲	۰,۰۱۲۴	خرمشهر-اهواز
۰,۰۸۳۵	۰,۱۲۲۳	مهاباد-میاندوآب
۰,۰۹۶۷	۰,۰۲۶۵	شوشتر-دزفول
۰,۷۱۶۴	۰,۰۴۸۰	قیر-جهرم
۱,۰	۰,۲۰۵۲	سلماس-خوی

### 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 رخ داده 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 می باشد. لذا در این تحقیق با بررسی هر دو پارامتر مذکور مناطق حادثه خیز به لحاظ احتکال وقوع و شدت آن اولویت بندی شده اند.

شناخت رفتار یک مقطع به لحاظ حادثه خیزی باید بر اساس تابع توزیع تصادفات رخ داده در آن مقطع نسبت به ترافیک عبوری تعیین شود. هر چه دقت برآزش 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

محور های 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 منطقی، نسبت به روش کلاسیک از انحرافات کمتری برخوردار است.

## 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.
2. Bolduc, D. and Bonin, S. (1998) "Baysian 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 حادثه خیز برای راه های ایران".
- 4 . Hauer, E. (1986) "On the estimation of expected number of accidents, accident analysis and prevention, Vol. 18, No. 1, pp.1-12.
5. Montgomery, D., Peck, E. and Geoffrey ,G (2006) "Introduction to linear regression analysis", 4<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons.
6. Higle, J.L. and J.M. Witkowski, J. M. (1989) "Bayesian identification of hazardous location", Transportation Research Record, 1185, pp.24-36.
7. Bernardo, J.M. and Smith, A. F. M. (1994) "Bayesian Theory" John Wiley and Sons.
- 8- پاریسیان، احمد (۱۳۷۹) "استنباط آماری"، اصفهان: انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ اول.

9-Arjun k Gupta and saraless Nadarajah (2006), "Handbook of Beta Distribution and its Applications", Marcel Dekker.

10-D.M. Smith(1983), "Maximum Likelihood Estimation of the Parameters of beta-binomial Distribution", J.O.R.Statist.Soc.Ser.B.Vol 39.P1-5.

۱۱-نتایج تردد شماری راه های کشور-یافته های آماری-دفتر فن آوری اطلاعات سازمان راهداری و حمل و نقل جاده

ای -۱۳۷۸-۱۳۷۵

12-Dickerson,A. , Peirson ,J. and Vickerman , R.(1998) , "Road Accidents Traffic Flows: An Econometric Investigation " .

پیوست ۱:

برای برآورد پارامترهای تابع توام بتا-دوجمله ای داریم:

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

$$E[Y_i] = n_i P \quad \text{Var}(Y_i) = n_i P(1-p)\phi_i \quad \phi_i = 1 + (n_i - 1)\phi$$

تابع درستنمایی برای  $P$  و  $\phi$ :

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

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

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

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

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

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

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

که  $S = \left[ \frac{dl}{dP} \quad \frac{dl}{d\theta} \right]'$  تعریف می شود. از آنجا که معادله بالا جواب منحصر به فردی نداشته، با

استفاده از روش های عددی محاسبه می شود. به این ترتیب که:

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

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

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

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

$P, \theta$  به وسیله تکرار حل معادلات  $+O_{m-1}^{-1}S_{m-1}$  به دست می آید. مقادیر اولیه

$$P = \frac{\sum \sum y_{ij}}{n}, \theta = 0 \text{ است.}$$