اولین کنفرانس ملی تصادفات وسوانح جاده ای و ریلی
ایران- زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی –واحد زنجان، آذر ۱۳۸۸

استفاده از روشهای تجربی به منظورشناسایی و اولویت بندی نقاط سیاه، جهت تحلیل و بهسازی

مهندس کیوان افراز[۱]، مهندس بهارک موثق زاده[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد عمران – راه و ترابری دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان keyvanafraz@yahoo.com
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد عمران – راه و ترابری دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان baharak_mb@yahoo.com

چکیده :

یکی از مراحل شش گانه در بهبود راه ، شناسایی و بالاطبع اولویت بندی نقاط سیاه شناسایی شده جهت اقدامات اصلاحی می باشد. بدین گونه که نقاط بحرانی که در اولویت اول اقدامات اصلاحی قرار می گیرند. روشهای متعددی برای اولویت بندی نقاط سیاه موجود است که هر یک دارای نقاط ضعفی می باشند . در این پژوهش روش های گوناگون را ارائه می کنیم و در آن نقاط ضعف و قوت روشهارا اشاره و در نهایت بهترین روش(روش بیز)را ارایه کرده، که در آن ضعف سایر سایر روشها پوشش داده شده است. مبرهن است که یکی از اصلی ترین دلایل وقوع تصادفات ،ماهیت اتفاقی بودن و بی احتیاطی رانندگان میباشد، که در کشور ما این امر زیاد اتفاق می افتد و باتوجه به اینکه روش بیز این نقیصه را تا حدود زیادی بر طرف میکند میتواند کاربرد زیادی در ایران داشته با شد.

کلید واژه : ***نقاط سیاه ، روش بیز ، بهبود ایمنی***

۱ – مقدمه :

هر ساله تصادفات انبوهی در سرتاسر کشور رخ می دهد و بالطبع خسارت های فراوانی از قبیل مالی و جانی موجود می آید. شایان ذکر است که همواره تعدادی از این تصادفات در نقاط ثابت و یا محدوده ثابتی رخ می دهد که این نقاط را بعنوان نقاط سیاه معرفی می کنند. لازم ذکر است که تاکنون هیچ تعریف رسمی از اصطلاح منطقه سیاه پذیرفته نشده است اما گاهاً اصطلاح مکانهای پر خطر بعنوان یک مترادف برای منطقه سیاه بکار می رود اما می توان گفت :
منطقه سیاه به قطعه ای از راه گفته می شود که تعدا تکرار تصادفات غیر عادی در آن (شاخص تراکم تصادفات) و نیز شدت تصادفات نسبت به یک حالت مبنا بیشتر باشد . در ایران وزارت راه و ترابری معیار زیر را برای انتخاب نقاط حادثه خیز به اداره کل راه و ترابری استانها ابلاغ نموده است :
منطقه حادثه خیز مکانی است که در یک دوره سه ساله ، حداقل ۱۰ تصادف یا در طول یکسال حداقل ۴ تصادف در آن روی داده باشد. در جدول (۱) تعریف مناطق سیاه در کشورهای مختلف ارائه شده است .

کشور	تعریف نقطه حادثه خیز
آلمان	▪ قطعات راه با طول ۳۰۰ متر ▪ وقوع بیش از ۳ تصادف یکسان در طول یکسال ▪ وقوع بیش از ۵ تصادف در طول سه سال
انگلستان	▪ قطعه راهی به طول ۳۰۰ متر ▪ محلی که مجموع تصادفات جادهای در آن بیش از ۱۲ تصادف در سه سال است.
اسپانیا	▪ قطعات راه به طول یک کیلومتر ▪ وقوع بیش از ۵ تصادف جرحی یا ۲ تصادف فوتی در یک سال ▪ وقوع بیش از ۱۰ تصادف جرحی یا ۵ تصادف فوتی در سه سال
هلند	▪ وقوع حداقل ۱۰ تصادف در مجموع ▪ وقوع حداقل ۵ تصادف با مشخصات مشابه ▪ دورهٔ تحلیل سه تا ۵ سال است.

جدول شماره (۱) تعاریف مناطق سیاه (حادثه خیز) در کشورهای مختلف

همانطور که ملاحظه می شود، در بسیاری از کشور ها از معیارهایی همچون تعداد تصادف یا تعداد کشته شدگان استفاده شده است. ذکر این نکته الزامی است که در بسیاری از موارد طول مقاطع تعریف شده است.
پس از شناسایی نقاط سیاه نوبت به اولویت بندی برای انجام اقدامات اصلاحی است که در این پژوهش روشهای مختلفی را برای این کار ارائه می کنیم و در نهایت با مقایسه روشها ، کاملترین روش را که

Archive of SID
www.SID.ir

روش تجربی بیز می باشد ارائه می کنیم که نقاط ضعف سـایر روشـها را پوشش می دهد.

۲ - مراحل بهبود ایمنی اهداف بالقوه (شامل مناطق سیاه و مکان های مستعد تصادف در طول یک راه):

به طور کلی ۶ مرحله بهبود ایمنی کلیه مکان های اهداف بالقوه خطرناک که احتمال بروز تصادف در آنها به دلایل غیر ایمن بودن وجود دارد به صورت متوالی در ۱۲ گام مطابق جدول شماره (۲) مشخص شده است.

لازم به ذکر است که منظور از اهداف بالقوه[1] همان مناطق سیاه [2]خطرناک و نیز مکان های مستعد[3] یا بالقوه خطر تصادف می باشند. مناطق سیاه در طول هر راه از طریق آمارتصادفات و براساس تعریف منطقه سیاه شناسائی شده و این در حالیست که مکان های خطرناک بالقوه ای که مستعد تصادف می باشند و هنوز به یک منطقه سیاه تبدیل نشده اند، از طریق بازرسی ایمنی راه شناسائی می شوند.

پس از رتبه بندی این مکان های حادثه خیز ، انتخاب نهائی آنها جهت انجام بررسی بیشتر به منظور تشخیص مشکلات ایمنی و اقدامات لازم جهت بهبود آنها انجام می شود. سپس اولویت بندی اقدامات اصلاحی این مناطق با توجه به مطالعات اقتصادی و میزان تاثیرگذاری در افزایش ایمنی راه انجام شده و در نهایت اقدامات اصلاحی صورت می گیرد.

اما نکته قابل توجه آن است که ارزیابی ایمنی راه (مدیریت ریسک[4]) بر اساس مطالعه قبل و بعد از انجام اقدامات بهسازی صورت می گیرد .

عموما دوره آرامش[5] برای انجام مطالعات بعد[6] از اجرای هر طرح جدید و به منظور ایجاد فرصت برای انطباق کاربران با شرایط جدید راه، حدود ۲ ماه پس از پایان اقدامات آن طرح در نظر گرفت:

مرحله			
مرحله اول	جمع آوری آمار و اطلاعات[7]		ثبت و ضبط تصادفات و ورود اطلاعات به کامپیوتر
مرحله دوم	**شناسائی مکان های اهداف بالقوه[8] (شامل مناطق سیاه و سایر مناطق مستعدخطرناک) (انتخاب نهائی مکانهای پرخطر تصادف از طریق آمار و نیز مشاهده)**	گام ۱	شناسائی مکان های با تعداد تصادفات زیاد(مناطق سیاه)بر اساس آمار و نیز پیش بینی آنها از طریق الگوی تصادفات[9]
		گام۲	وزن دهی مکان ها بر اساس کلیه اطلاعات تصادفات آن مکان هاز طریق روشهای **۸گانه شناسائی انتخاب**(شناسائی کمی)
		گام ۳	بازدیدو مشاهده از مناطق سیاه انتخاب شده و نیز بازرسی ایمنی راه جهت شناسائی سایر مکان های مستعد خطرناک[10] (شناسائی پیشگیرانه[11])
		گام ۴	رتبه بندی مکان های حادثه خیز براساس شناسائیهای کمی(آماری) و کیفی(مشاهداتی) انجام شده ،جهت انتخاب نهائی آنها برای بررسی بیشتر
مرحله سوم	**تشخیص مشکلات ایمنی[12]** (فرآیند ۴ مرحله ای)	گام ۵	جمع آوری سوابق[13] و اطلاعات بیشتر از شکل تصادف و طبقه بندی مکان تصادف براساس طبقه بندی وعملکرد راه[14]
		گام ۶	تحلیل تصادفات[15]
		گام ۷	بازدید میدانی بیشتر جهت تشخیص نقش سایر عوامل[16]
مرحله چهارم	**اولویت بندی**	گام ۸	انتخاب وکنترل راهکارها
		گام ۹	اولویت بندی اقدامات اصلاحی مناطق با توجه به مطالعات اقتصادی و میزان تاثیرگذاری در افزایش ایمنی راه
مرحله پنجم	**اجرا**	.	انجام اقدامات اصلاحی
مرحله ششم	**ارزیابی**	گام ۱۰	نظارت بر رفتار رانندگی در روز ها و ماه اول[17]
		گام ۱۱	ارزیابی تاثیرات بر روی تصادفات[18]
		گام ۱۲	ارزیابی اقتصادی براساس تحلیل سود-هزینه[19]

[1]- Potential Targets
[2] - Black spots
3- Potential Sites
[4]- Risk Management
[5] - Settling-in period
[6] - After study

[7]- Accident Data
[8]- Potential Targets
[9]- Accident Patterns
[10] - Potential Sites
[11] - Proactive Identification
[12] - Road Safety Diagnoses
[13] - Site history

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره (۲) فرآیند ۴مرحله ای تحلیل بهبود ایمنی راه

۳- روشهای شناسائی جهت انتخاب مناطق سیاه :

همانطور که پیشتر اشاره گردید ، مناطق سیاه به عنوان یکی از اهداف بالقوه شناسائی مکان های مستعد تصادف بوده که از طریق آمار و اطلاعات تصادفات موجود شناسائی می شوند و این در حالیست که سایر نقاط خطرناک نیز به منظور پیشگیری از وقوع تصادف ،از طریق بازرسی ایمنی و مشاهده میدانی شناسائی خواهند شد.

از طرفی به منظور انتخاب نقاط سیاه نهائی جهت بررسی و تحلیل بیشتر ،می بایست این مکان ها بر اساس کلیه اطلاعات موجود و قابل دسترس تصادفات آن مکان ها شناسائی شوند.لذا روشهای ۸گانه جهت انتخاب مناطق سیاه شناسائی شده عبارتند از :

روش مبتنی بر تکرار تصادفات- روش مبتنی بر نرخ تصادفات –روش مبتنی بر کنترل کیفیت (نرخ تصادفات بحرانی) – روش مبتنی بر شاخص میزان صدمه معادل- روش مبتنی بر شاخص شدت تصادف – روش مبتنی بر ترکیب ضوابط –روش مبتنی برمدل پیش بینی تصادف – روش مبتنی بر مدل تجربی.

۳-۱- روش مبتنی بر تکرار تصادفات

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان تعیین می شود، f_j ، سپس متوسط تعداد تکرارتصادفات محاسبه شده، f_{rp} وآنگاه مکان هائی که در آنها تعداد تکرار تصادفات از یک حد معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شود.

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n}$$

$$I_t = \alpha \times f_{rp} \cong 2 \times f_{rp}$$

۳-۲- روش مبتنی بر نرخ تصادفات

در این روش برای کل تعداد j مکان شناسائی شده ،ابتدا تعداد تکرار تصادف در هر مکان، f_j ،در مدت زمان تحلیل برحسب سال، P ،مشخص شده و سپس آمار حجم متوسط روزانه ترافیک سالیانه مکان jام، AADT=Q_j در گره ها و خطوط پیوندی مطابق شکل شماره( )محاسبه خواهد شد .

همچنین طول قطعه مکانjام برحسب کیلومتر، L_j تعیین می شود .لازم به ذکر است که اگر مکانjام در گره باشدآنگاه $L_j = 1$ فرض می شود، سپس نرخ تصادفات در مکانjام برحسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر محاسبه می شود، R_j.آنگاه متوسط نرخ تصادفات برای کلیه مکان ها(کل جامعه آماری)، R_{rp}،بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه در کیلومتر، محاسبه خواهد شد ودر انتها مکان هائی که در آنها نرخ تصادفات از یک حد معینی، I_t، تجاوز کند برای تحلیل جزئیات شناسائی می شود.

$$R_j = \frac{f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times L_j \times Q_j} \rightarrow \left(acc / M.Veh.Km \right)$$

$$R_{rp} = \frac{\sum f_j \times 10^6}{365.25 \times P \times \sum L_j \times Q_w}$$

$$Q_w = \sum \frac{Q_j \times L_j}{\sum L_j}$$

$$I_t = \alpha \times R_{rp} = 2 \times R_{rp}$$

۳-۳- روش مبتنی بر نرخ تصادفات بحرانی (کنترل کیفیت

۳-۴- روش مبتنی بر شاخص میزان خسارت معادل (شاخصEPDO)

۳-۵- روش مبتنی بر شاخص میزان شدت (شاخصRSI)

۳-۶- روش ترکیبی مبتنی بر تعداد تکرار ،نرخ و شدت تصادفات

۳-۷- روش مبتنی بر مدلهای پیش بینی تصادفات

در روش های قبلی ،رویکرد شناسائی مکان های مورد نیاز جهت انجام تحلیل جزئیات مبتنی بر مقایسه سطح ایمنی در یک مکان مشخص با متوسط سطوح ایمنی در کل جامعه آماری مبنا بوده است.به طوریکه اگر مبنای مقایسه براساس معیار تعداد تکرار تصادفات باشد ،آنگاه عامل بالقوه برای سنجش میزان بهبودسازی هر مکان ، jام $P.I._j$ [۱] ،عبارت است از:

$$P.I._j = f_j - f_{rp}$$

لازم به ذکر است که اگر تعداد کافی از مکان های با خصوصیات یکسان وجود نداشته باشند، آنگاه استفاده از f_{rp} دقت مناسب را نداشته و در این حالت مدل های پیش بینی تصادفات این مشکل را بر طرف می نمایند.

این مدل ها،تعداد تصادفات را بر اساس مقادیری از متغیرهای مستقل پیش بینی می کنند .یکی از متداول ترین این مدلها عبارت است از:

---

[14]- Site categorization
[15] - Accident Analysis
[16]- Site Investigation
[17] - Monitoring by initial and means of behavioral studies
[18]- Accident monitoring and evaluation
[19]- Economic evaluation

Archive of SID

www.SID.ir

$$Accidents = a \times (traffic.volume)^b$$

در این رابطه مقادیر b از ۰/۸ تا ۱/۲ فرض می شود.

بنابراین پس از محاسبه تعداد تکرار تصادفات پیش بینی شده در هر مکان، f_{pj} ،آنگاه خواهیم داشت:

$$P.I._j = f_j - f_{pj}$$

برای تعیین حادثه خیز بودن یا نبودن یک منطقه (منطقه سیاه)نیز می توان از مدل پیش بینی استفاده کرد. بدین ترتیب با قرار دادن شرایط مطرح شده در آن تعاریف، عدد حادثه خیزی را بدست آورد. بنابر این مناطقی که عدد حادثه خیزی آنها بیشتر از این اعداد باشد به عنوان مناطق حادثه خیز شناخته می شوند (عدد حادثه خیزی همان شاخص اولویت بندی ارائه شده یا P.I. می باشد).

با توجه به پراکندگی نتایج بدست آمده در این روش، بهتر است تا با توجه بیشتر به شرایط کشورمان، این نتایج مورد بررسی و تجدید نظر قرار گیرند. به همین علت با بررسی چند نقطه که از نظر سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای – که سازمان متولی نقاط حادثه خیز است –شدت حادثه خیزی در آنها به میزان حداقل است، می توان حد حادثه خیزی را بدست آورد. بدین ترتیب می توان گفت اگر عدد حادثه خیزی برای نقطه ای از این حد بیشتر شود، آن نقطه حادثه خیز شناخته می شود.

این روند به کارشناسان این امکان را می دهد که نقاط دارای پتانسیل حادثه خیزی را نیز شناسایی کنند. به بیان دیگر ممکن است به علت تازه تأسیس بودن یک راه یا عدم وقوع تصادف در آن نقطه، به عنوان نقطه حادثه خیز تلقی نشود ولی به دلیل داشتن شرایط غیر ایمن هندسی، فیزیکی یا ترافیکی و یا قرارگرفتن در نقاط خاص جاده ای، پتانسیل تبدیل شدن به یک نقطه حادثه خیز را داشته باشد. با شناسایی نقاط دارای پتانسیل حادثه خیزی می توان با اقدامات پیشگیرانه مهندسی از تبدیل آن نقاط به نقاط حادثه خیز جلوگیری نمود.

حدود بدست آمده از این بررسی ها و مطالعات و پهنه بندی حادثه خیزی، در جدول (۳) آورده شده است.

حدود عدد حادثه خیزی	وضعیت ایمنی در هر نقطه
P.I.≥۰/۲	حادثه خیز۱
۰/۱<P.I<۰/۲	دارای پتانسیل حادثه خیزی۲
P.I. ≤ ۰/۱	ایمن

جدول شماره(۳) حدود و پهنه بندی نقاط حادثه خیز

انتظار می رود که با توسعه مدلهای پیش بینی تصادف بتوان تاثیر عناصر طراحی هندسی وسایر پارامترها را بتوان در ایمنی راه سنجید.در توسعه مدلهای پیش بینی تصادف بایستی به سه سوال اساسی پاسخ داده شود:

- چه متغیرهایی را بایستی در توسعه مدل در نظرگرفت؟
- چه تابع ریاضی را بایستی برای نشان دادن تاثیر متغیرها به کار برد؟
- چگونه می توان تشخیص داد که آیا تابع انتخاب شده برای نشان دادن تاثیر متغیرها مناسب است؟

در واقع مدلسازی آماری تصادفات عبارتست از برازش تابع ریاضی مناسب روی آمارو اطلاعات موجود در مورد تصادفات اتفاق افتاده در گذشته در قطعه ای از راه. نتیجه این کار،معادله ای است که عبارت سمت چپ آن بیانگر نرخ ویا شدت تصادفات بوده وتابعی از متغیرهای بکاررفته در مدل می باشد که در سمت راست معادله آمده است.از این معادله در دو مورد می توان استفاده نمود:

۱. برای پیش بینی نرخ و یا شدت تصادفات در قطعه ای از راه.
۲. برای تخمین تغییرات مورد انتظار در نرخ تصادفات در صورت تغییر در هر یک از متغیره

برای هر یک از اهداف فوق ،محاسبات بسیار نزدیک به هم می باشند.برای هدف اول،بایستی مقادیر متغیرهای بکاررفته در مدل در معادله مدل قرار داده شوند.در نتیجه این کار، مقدار نرخ تصادفات مورد انتظار بدست می آید.برای هدف دوم ،می بایست این کار دوبار انجام شود و در هر مرتبه ،تنها مقدار متغیر مورد نظرتغییر داده شود. بنابراین فرایند کاربرد مدلهای پیش بینی تصادف عبارتند از:

۱- مکانیابی تمام تصادفات گزارش شده در دوره زمانی تحلیل
۲- تعیین زیر مجموعه های مختلف از مکانهایی که دارای ویژگیهای مشابهی هستند وانتظار می رود که دارای عملکرد ایمنی مشابهی باشند.(جوامع مرجع).
۳- بررسی هر جامعه مرجع به لحاظ،
   - توسعه مدلهای پیش بینی تصادف ،
   - محاسبه فراوانی تصادف هر مکان با استفاده از مدل پیش بینی (f_{pj})
   - محاسبه پتانسیل بهبود هر مکان (P.I.) و نیز رتبه بندی مکانها با پتانسیل بهبود آنها .

در یک جمع بندی می توان گفت ،هرگاه تعداد مکان های مشابه مناسب و کافی برای انتخاب جامعه آماری وجود نداشته باشد آنگاه می بایست به جای استفاده از متوسط تعداد تکرار تصادفات در جامعه آماری از تعداد تکرار تصادفات پیش بینی شده از مدل در هر مکان استفاده نمود.

Archive

www.SID.ir

همچنین ممکن است به دلیل ماهیت اتفاقی بودن تصادفات ،دوره زمانی کوتاه در وقوع تکرار آنها (کم بودن تعداد تکرار تصادفات در هر مکان)،نیز باعث شود که مقدار متوسط تکرارها در کل جامعه بسیار متغیر شده و تغییرات زیادی در مقادیر $P.I._j$ مکان های مختلف ایجاد شود،که در این صورت به منظور کاهش این تغییرات ممکن است از روش انتخاب جهت دار[1]و یا همان انتخاب غیر اتفاقی ،برای شناسائی مناطق مستعد جهت بهسازی استفاده شود.

به عنوان مثال بر اساس علم احتمالات در پرتاب یک تاس اگر فقط سه مرتبه پرتاب تاس ملاک عمل قرار گیرد(یک بار پرتاب در هر مرتبه) ،آنگاه میانگین اعداد آمده در سه پرتاب ،عددی بین ۱ تا ۶ خواهد شد و این در حالیست که اگر در مرتبه اول از پرتاب تاس ،بیشمار پرتاب تا رسیدن به شماره نظیر همان مرتبه ،یعنی عدد یک، انجام شود و به همین ترتیب در مرتبه دوم برای رسیدن به عدد دو، تعداد نامحدود پرتاب صورت گیرد و در مرتبه سوم نیز برای رسیدن به عدد سه ،تعداد پرتاب های نامحدودی را انجام دهیم ،آنگاه میانگین اعداد به دست آمده در سه مرتبه ،برابر ۲ خواهد شد که آن را میانگین درازمدت می نامند.

به طور مشابه تعداد تصادفات اتفاق افتاده در هر مکان با دوره زمانی محدود یک ساله (f) همانند یکبار پرتاب تاس در هر مرتبه بوده و تعداد تکرار تصادفات در هر مکان در یک دوره زمانی نامحدود چند ساله(m)نیز همانند مقدار میانگین دراز مدت[2] در پرتاب تاس می باشد.

در روش انتخاب معنی دار یا جهت دار که به منظور حل مشکل اتفاقی بودن ماهیت تصادفات[3] و نیز کوتاه بودن دوره زمانی ، استفاده می شود،با توجه بر اینکه وقوع تصادفات غیر یکنواخت و مستقل از یکدیگر بوده لذا برای تعیین احتمال وقوع تصادفات در یک زمان معین و محدود از توزیع پواسون استفاده می شود.

$$p(x = f) = \frac{e^{-m} \times m^{f}}{f!}$$

ازطرفی با توجه بر توزیع پواسون ،مقدار میانگین درازمدت جامعه آماری ،برابر مقدار مورد انتظار تصادفات در هر مکان می باشد.

همچنین در روش انتخاب جهت دار یا غیر تصادفی[4] مکان های خطرناک برای تحلیل جزئیات ،به منظور ایجاد دقت کافی می بایست،دو گروه از این مکان ها مشخص شوند که عبارتند از:

- مکان های خطرناک غیر ایمن شناخته نشده(برای تحلیل جزئیات)
- و نیز مکان های خطرناک معمولی شناخته شده.

لازم به ذکر است که محققان استفاده از روش های تجربی بیز[1](EB)را به منظور کاهش تغییرات اتفاقی بودن تصادفات به عنوان جایگزین روش انتخاب جهت دار[2]مکان های مستعد جهت تحلیل و بهسازی توصیه می کنند.

مثال - به منظور شناسائی مکان های خطرناک غیر ایمن در بین ۱۰۰۰ منطقه سیاه با سطوح ایمنی به شرح ذیل :

- ۹۰۰ منطقه دارای سطح ایمنی ۱ تصادف در هر دوره زمانی مربوطه
- ۹۰ منطقه دارای سطح ایمنی ۳ تصادف در هر دوره زمانی مربوطه
- ۱۰ منطقه دارای سطح ایمنی ۶ تصادف در هر دوره زمانی مربوطه

مطلوبست شناسائی کلیه مناطق با حداقل سطح ایمنی ۵ تصادف در دوره زمانی مربوطه،به عنوان نقاط پرخطر برای تحلیل بیشتر جزئی؟

با توجه بر اطلاعات داده شده در ۹۰۰ منطقه ،مقدار مورد انتظار تعداد تصادفات در دوره زمانی مورد نظر برابر یک می باشد و بنابراین احتمال اینکه در مدت زمان یکسال ،تعداد تصادفات در هر یک از این مناطق ،حداقل برابر ۵ تصادف گردد $p(f \geq 5)$ ،طبق توزیع پواسون ۰,۰۰۳۷ خواهد شد و در نتیجه تعداد کل مکان های شناسائی شده ،۳ مکان می گردد که طبق جدول زیر برای سایر مکان ها خواهیم داشت:

تعداد تصادفات مورد انتظار در هر دوره زمانی (m)	تعداد مکان های خطرناک (۲)	احتمال وقوع حداقل ۵ تصادف دردوره زمانی یکسال براساس توزیع پواسون (۳)	تعداد مکان های خطرناک شناسائی شده با حداقل ۵ تصادف در یکسال (۴)=(ستون۳)*(۲ستون)
۱	۹۰۰	۰,۰۰۳۷	۳
۳	۹۰	۰,۱۸۴۷	۱۷
۶	۱۰	۰,۷۱۴۹	۷
جمع	۱۰۰۰		۲۷

[1] -selection BIAS
[2] - long – term average
[3] - random nature of accident
[4] - Selection BIAS

Archive of SID

www.SID.ir

[1] - Empirical Bayesian Method
[2] Selection BIAS

بنابراین در کل ۲۷ مکان خطرناک غیرایمن برای تحلیل جزئیات شناسائی شده اند و لازم به ذکر است که از این تعداد ۲۰ مکان (۳+۱۷)به عنوان مکان های خطرناک غیر ایمن نبوده (مکان های خطرناک معمولی)که شناسائی شده اند و فقط ۷ مکان از آن خطرناک غیر ایمن بوده که شناسائی هم شده است.(حدود۷۰٪)
همچنین ۳ مکان خطرناک غیر ایمن دیگر(۷-۱۰)وجود داشته اند که شناسائی نشده است. (حدود۳۰٪)

۳-۸- روش مبتنی بر تاثیرات تجربی بیز[1](EB)

این روش به منظور محاسبه تعداد تکرار تصادف تعدیل شده در هر مکان، f_{EBj} ، از ارتباط سابقه آن مکان با سوابق تصادفات چندین مکان دیگر که خصوصیات یکسانی دارند، استفاده می نماید.این تعداد تکرار تصادفات تعدیل شده یک تقریب بهتری از متوسط تعداد تکرار تصادفات در درازمدت خواهد بود.
بنابراین پس از محاسبه تعداد تکرار تصادفات پیش بینی شده در هر مکان، f_{pj} ،آنگاه خواهیم داشت:

$$P.I._j = f_{EBj} - f_{pj}$$

به طور کلی دو روش تجربی عبارتند از :روش گشتاورها و روش رگرسیون.
روش گشتاورها مبتنی بر متوسط تعداد تکرار تصادف در کل مکان های جامعه آماری و نیز محاسبه واریانس آنها می باشد

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n}$$

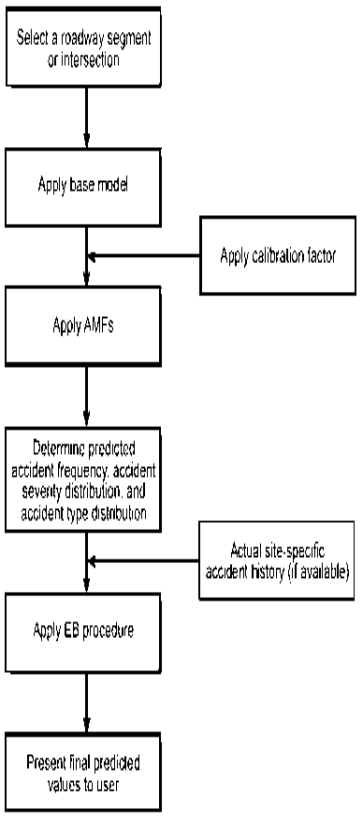
$$S^2 = \frac{\sum (f_j - f_{rp})^2}{n-1}$$

$$f_{EBj} = f_j + \frac{f_{rp}}{S^2}(f_{rp} - f_j)$$

$$P.I._j = f_{EBj} - f_{pj}$$

۵-۲-۱-۸-۱- فرآیند تعدیل مدل های پیش بینی تصادف توسط روش تجربی بیز :

در مدل پیش بینی تصادفات ،ابتدا راه مورد نظر به قطعات[2] همگن تقسیم می شود.قطعات همگن،بخش هائی از راه می باشند که تغییر عمده ای به لحاظ مشخصات فنی راه نداشته باشند.بنابراین هر یک از قوس های افقی موجود به عنوان یک مقطع انتخاب می شوند.تقاطع های همسطح[3] و غیر همسطح[4] موجود در طول راه نیز جداگانه انتخاب خواهند شد. مطابق مراحل مشخص شده در شکل شماره (۱) پس از تعیین قطعاتی از راه و نیز تقاطع های طرفین هر قطعه ،می بایست در حالت ایده آل مدل پایه[5] پیش بینی تصادفات، $E[N]_b$ تعریف شود.سپس با توجه به ضریب کالیبره، C_{rs} درهر قطعه از راه یا C_{int} در تقاطع ها)و نیز ضرایب تصحیح تصادفات[6]،که AMF_n تابعی از تغییرات طرح هندسی و کنترل ترافیک می باشد، تعداد تصادفات پیش بینی شده و پراکندگی شدت و نوع آنها در سال تعیین می شود، $E[N]$. آنگاه توسط روش تجربی بیز و براساس تعداد تصادفات واقعی اتفاق افتاده در سوابق آن محل، پیش بینی تعداد تصادفات تصحیح شده نهائی انجام می شود.



شکل شماره (۱)-فرآیند تعدیل مدل های پیش بینی تصادفات به روش تجربی بیز

Archive of SID

www.SID.ir

- 0.0591SW +0.0668RHR + 0.0084DD)

$(\sum WH_i \exp(0.0450DEG_i))(WV_j \exp(0.4652V_j)))$

$(\sum WG_k \exp(0.1048GR_k))$

N_{br} = predicted number of total accidents per year on a particular roadway segment;

EXPO = exposure in million vehicle-miles of travel per year = (ADT)(365)(L)(10^{-6});

ADT = average daily traffic volume (veh/day) on roadway segment;

L = length of roadway segment (mi);

STATE = location of roadway segment (0 in Minnesota, 1 in Washington);

LW = lane width (ft); average lane width if the two directions of travel differ;

SW = shoulder width (ft); average shoulder width if the two directions of travel differ;

RHR = roadside hazard rating; this measure takes integer values from 1 to 7 and represents the average level of hazard in the roadside environment along the roadway segment.

DD = driveway density (driveways per mi) on the roadway segment;

W_{hi} = weight factor for the i^{th} horizontal curve in the roadway segment; the proportion of the total roadway segment length represented by the portion of the i^{th} horizontal curve that lies within the

---

1- Empirical Bayesian Method
2-Roadway segments
3- at-grade intersection
4- interchange Ramp
5- Base Model
6- Accident Modification Factor, AMF

مدل کلی پیش بینی تعداد تصادفات در سال برای یک تقاطع و یا قطعه ای از طول راه عبارت است از:

$$E[N] = E[N]_b \times C_{rs/\text{int}} \times AMF_1 \times AMF_2 \times .... \times AMF_n$$

که در آن

$E[N]$ ،تعداد تصادف پیش بینی شده در سال،

$E[N]_b$ ،تعداد تصادف پایه پیش بینی شده در سال،(مدل پایه)

AMF_n ،ضرایب تصحیح تصادفات ناشی از تغییرات ترافیک و هندسه راه،

C_{rs} و C_{int} ،ضرایب کالیبره قطعه مورد نظر راه یا تقاطع می باشند.

این ضرایب کالیبره برای انواع مختلف تقاطع های همسطح دارای مقادیر متفاوت بوده و مقادیر آن در راه هائی که به طور متوسط ،تعداد تصادفات بیشتری را نسبت به راه هائی که در مدل پیش بینی استفاده می شوند تجربه کنند، بزرگتر از یک بوده و در بخش هائی از راه که به طور متوسط ،تعداد تصادفات کمتری را نسبت به راه هائی که در مدل پیش بینی استفاده می شوند تجربه کنند، کوچکتر از یک می باشد.لازم به ذکر است که برای پیش بینی تصادفات در هر بخشی از طول راه که شامل m جزء تشکیل دهنده (تقاطع ها و قطعات)می باشد،خواهیم داشت:

$$E[N]_{\text{sec tion}} = \sum_{j=1}^{m} E[N]_j$$

مثال – در یک طولی از راه دو خطه شامل دو تقاطع و قطعه ای به طول ۰/۵کیلومتر واقع در بین آنها ،تعداد تصادفات پیش بینی شده در یکی از این تقاطعها ۱/۵ تصادف در سال و در دیگری ۲/۲ برآورد شده است.همچنین مدل پیش بینی تصادف در آن قطعه ،عدد ۰/۳ تصادف در سال را پیش بینی می کند.مطلوبست تعداد تصادفات پیش بینی شده در کل طول راه؟

$$E[N]_{section} = 1.5 + 2.2 + 0.3 = 4 crashes/yr$$

مرحله اول-تعریف مدل پایه پیش بینی تصادفات در هرسال

الف-مدل پایه پیش بینی تعداد تصادفات در سال ، برای هر قسمت از طول راه[1]:

N_{br} =EXPO exp(0.6409 + 0.1388STATE

- 0.0846LW

Archive of SID

www.SID.ir

Shoulder width (SW)	1.8 m (6 ft)
Roadside hazard rating (RHR)	3
Driveway density (DD)	3 driveways per km (5 driveways per mi)
Horizontal curvature	None
Vertical curvature	None
Grade	Level (0 ٪)

$$N_{br} = (ADT)\ (L)\ (365)\ (10^{-6})\ \exp(-0.4865)$$

بنابراین مدل پایه پیش بینی تصادفات در هر قسمتی از راه با توجه به مقادیر پیش فرض، به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[N]_b = a \times ADT^{\ b} \times L \times f$$

که در آن؛

$E[N]_b$ ،تعداد تصادف پایه پیش بینی شده در سال،(مدل پایه)

ADT ،حجم ترافیک متوسط روزانه بر خسب وسیله نقلیه در روز،

a و b ،ضرایب کالیبره و f ضریب کالیبره ناشی از شرایط محلی، هرگاه ضریب $b = 1$ فرض شود آنگاه ضریب a بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه –مایل خواهد بود.

ADT ،حجم ترافیک متوسط روزانه بر خسب وسیله نقلیه در روز،

L ،طول قسمتی از راه بر حسب مایل می باشد.

ب-مدل پایه پیش بینی تعداد تصادفات در سال ، در تقاطع ها:

با توجه به انواع تقاطع های همسطح در راه های دو خطه برون شهری و روش های کنترل آنها ، مدل های پایه پیش بینی تصادفات تعریف می شوند:

ـ تقاطع های همسطح سه راهی کنترل شده با تابلوهای حق تقدم:

$$N_{bi} = \exp(-11.28 + 0.79 ln\ ADT_1 + 0.49 ln\ ADT_2 + 0.19RHRI + 0.28RT)$$

ADT_1 = average daily traffic volume (veh/day) on the major road;

ADT_2 = average daily traffic volume (veh/day) on the minor road;

RHRI = roadside hazard rating within 76 m (250 ft) of the intersection on the major road [see description of the variable RHR in equation (5)]; and

RT = presence of right-turn lane on the major road (0 = no right-turn lane present; 1 = right-turn lane present).

segment. (The weights, WH_i, must sum to 1.0.);

DEG_i = degree of curvature for the i^{th} horizontal curve in the roadway segment (degrees per 100 ft);

WV_j = weight factor for the j^{th} crest vertical curve in the roadway segment; the proportion of the total roadway segment length represented by the portion of the j^{th} crest vertical curve that lies within the segment. (The weights, WV_j, must sum to 1.0.);

V_j = crest vertical curve grade rate for the j^{th} crest vertical curve within the roadway segment in percent change in grade per 31 m (100 ft) = $|g_{j2}-g_{j1}|/l_j$;

g_{j1},g_{j2} = roadway grades at the beginning and end of the j^{th} vertical curve (percent);

l_j = length of the j^{th} vertical curve (in hundreds of feet);

WG_k = weight factor for the k^{th} straight grade segment; the proportion of the total roadway segment length represented by the portion of the k^{th} straight grade segment that lies within the segment. (The weights, WG_k, must sum to 1.0.); and

GR_k = absolute value of grade for the k^{th} straight grade on the segment (percent).

با جایگذاری مقادیر پیش فرض داده شده در رابطه کلی مدل پیش بینی ،خواهیم داشت:

Lane width (LW) 3.6 m (12 ft)

Archive of SID

www.SID.ir

ـ تقاطع های همسطح چهار راهی کنترل شده با تابلوهای حق تقدم:

$$N_{bi} = \exp(-9.34 + 0.60 ln\ ADT_1 + 0.61 ln\ ADT_2 + 0.13\ ND_1 - 0.0054 SKEW_4)$$

ND_1 = number of driveways on the major-road legs within 76 m (250 ft) of the intersection; and

$SKEW_4$ = intersection angle (degrees) expressed as one-half of the angle to the right minus one-half of the angle to the left for the angles between the major-road leg in the direction of increasing stations and the right and left legs, respectively.

ـ تقاطع های همسطح چهار راهی کنترل شده با چراغ راهنمائی زمان بندی شده .

$$Nbi = \exp(-5.46 + 0.60 ln\ ADT_1 + 0.20 ln\ ADT_2 - 0.40\ PROTLT - 0.018 PCTLEFT_2 + 0.11 VEICOM + 0.026\ PTRUCK + 0.041 ND_1)$$

PROTLT = presence of protected left-turn signal phase on one or more major-road approaches; = 1 if present; = 0 if not present

$PCTLEFT_2$ = percentage of minor-road traffic that turns left at the signal during the morning and evening hours combined

VEICOM = grade rate for all vertical curves (crests and sags) within 76 m (250 ft) of

PTRUCK = the intersection along the major and minor roads percentage of trucks (vehicles with more than four wheels) entering the intersection for the morning and evening peak hours combined

ND_1 = number of driveways within 76 m (250 ft) of the intersection on the major road.

بنابراین مدل پایه پیش بینی تصادفات در تقاطع ها به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[N]_b = a \times ADT_{major}^{\ b1} \times ADT_{mainor}^{\ b2} \times f$$

لازم به ذکر است که در این مدل،اگر یکی از معابر منتهی به تقاطع دارای $ADT = 0$ باشد ،آنگاه پیش بینی تصادفات برابر صفر خواهد شد ،درحالیکه ممکن است تصادفات جلو به عقب در یک معبر وجود داشته باشد و این نقص مدل است .لذا برای جلوگیری از این خطا مدل پیش بینی در تقاطع ها به صورت زیر تصحیح می گردد:

$$E[N]_b = a \times (ADT_{major} + ADT_{mainor})^b \times f$$

در این مدل نیز هرگاه ضریب $b = 1$ فرض شود آنگاه ضریب a بر حسب تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه –مایل خواهد بود.

همچنین مدل پایه در قسمت رمپ تقاطعهای غیر همسطح به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[N]_b = a \times ADT_{ramp}^{\ b} \times f$$

مرحله دوم-تعریف ضرایب تصحیح تصادفات، AMF

ضرایب تصحیح تصادفات تابعی از عوامل هندسی و شرایط کنترل ترافیک (دسترسی) بوده و مقادیر آن از ۰/۵ تا ۲ متغیر می باشد. هر ضریب برای شرایط پایه و اسمی فرموله شده است و مقدار آن برابر با یک می باشد.بنابراین اگر شرایط به گونه ای باشد که تصادفات از مقادیر اسمی بیشتر شود،آنگاه ضریب تصحیح بزرگتر از یک و در غیر اینصورت کمتر از یک می شود.

مطابق جدول شماره (۴) از جمله عوامل تاثیرگذار در ضرایب تصحیح تصادفات در قسمتی از طول راه عبارتند از :

AMF_1 ضریب عرض راه، AMF_2 ضریب عرض و نوع شانه راه، AMF_3 ضریب شعاع و طول قوس های افقی، AMF_4 ضریب دور یا بربلندی در قوس های افقی، AMF_5 ضریب شیب طولی راه، AMF_6 ضریب شلوغی و تراکم راه، AMF_7 ضریب خطوط سبقت جداگانه، AMF_8 ضریب خطوط چپگرد مشترک[1] و AMF_9 ضریب ریسک خطر پذیری کناره راه ...

به طور مثال با افزایش شعاع قوس افقی (Rبرحسب فوت)و طول آن(L_c برحسب مایل) و نیز استفاده از منحنی اتصال(S=1) ،ضریب تصحیح مربوطه کاهش می یابد:

$$AMF_4 = \frac{1.55 L_c + \frac{80.2}{R} - 0.012 S}{1.55 L_c}$$

همچنین عوامل تاثیر گذاردر تقاطع ها مطابق جدول عبارتند از: زاویه برخورد، روش کنترل تقاطع ، خطوط چپگرد مجزا،خطوط راستگرد مجزا،مسافت دید توقف و ...

همچنین ضریب کاهش تصادفات[2]،CRF، به عنوان شکل جدیدی از ضریب تصحیح تعریف می شود و خواهیم داشت:

$$AMF = 1 - CRF$$

Archive of SID

www.SID.ir

1- Two –way left –tum lanes , TWLTL
2- Ceash Reduction Factor, CRF

Table 1. AMFs Provided in the *Workbook*.

Facility Component	Application	Accident Modification Factor	
Freeway	Geometric design	Grade Outside shoulder width Median width	Lane width Inside shoulder width Shoulder rumble strips
	Roadside design	Utility pole offset	
Rural highway	Geometric design	Horizontal curve radius Grade Outside shoulder width Median width Centerline rumble strip Superelevation	Spiral transition curve Lane width Inside shoulder width Shoulder rumble strips TWLTL median type[1] Passing lane
	Roadside design	Horizontal clearance Utility pole offset	Side slope Bridge width
	Access control	Driveway density	
Urban street	Geometric design	Horizontal curve radius Shoulder width TWLTL median type	Lane width Median width Curb parking
	Roadside design	Utility pole offset	
	Access control	Driveway density	
	Street environment	Truck presence	
Interchange ramp	Geometric design	Only base models for various ramp configurations are available.	
Rural intersections - signalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes	Right-turn lane Alignment skew angle
	Access control	Driveway frequency	
	Other	Truck presence	
Rural intersections- unsignalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes Median presence Intersection sight distance	Right-turn lane Shoulder width Alignment skew angle
	Access control	Driveway frequency	
	Other	Truck presence	
Urban intersections- signalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes	Right-turn lane Lane width
Urban intersections- unsignalized	Geometric design	Left-turn lane Number of lanes Shoulder width	Right-turn lane Lane width Median presence

جدول شماره (۴) عوامل تاثیرگذار در ضرایب تصحیح تصادفات

.مرحله سوم–استفاده از مدل تجربی بیز

در روش تجربی بیز، براساس سابقه تعداد تصادفات واقعی اتفاق افتاده هر محل، تعداد تصادفات تصحیح شده نهائی پیش بینی می شود.

اخیرا استفاده از روش کامل بیز[1] (FB)نسبت به روش تجربی،از طریق مدل های سلسله مراتبی چند سطحی[2] مرسوم گشته و برتری بیشتری نسبت به آن دارد. هر دو روش تجربی و کامل بیز، به منظور تخمین بهتر، اطلاعات تقاطع های مشابه را با روش میانگین وزنی ترکیب می کنند.

1- Fully Bayesian approach
2- multi –level Hierarchical

در صورت استفاده از روش کامل بیز به مدل پیش بینی تصادفات نیازی نمی باشد.

همانطور که اشاره شد برای قطعه ای از راه با حجم ترافیک مشخص،طول ، هندسه و کنترل دسترسی معلوم ،تعداد تصادف پیش بینی شده قبل از انجام هرگونه تغییرات در هندسه آن از طریق $E[N]$ محاسبه می شود.

$$E[N]=E[N]_b\times C_{rs/\text{int}}\times AMF_1\times AMF_2\times....\times AMF_n$$

همچنین پس از ایجاد هر گونه تغییرات در هندسه راه ، تعداد تصادف پیش بینی شده پس از تغییرات ، $E[N]_{after}$ محاسبه می شود.

$$E[N]_{after}=E[N]_b\times C_{rs/\text{int}}\times AMF_1\times AMF_2\times....\times AMF_n$$

اختلاف بین تعداد تصادفات پیش بینی شده قبل و بعد از تغییرات ،بیانگر میزان تاثیر پذیری طرح،ناشی از تغییرات صورت گرفته می باشد .

$$\Delta N=E[N]_{after}-E[N]$$

حال چنانچه سوابق تصادفات در مورد قطعه راه مورد نظر موجود بوده،به طوریکه در مدت زمان y سال گذشته،(دو تا سه سال گذشته)،تعداد X تصادف گزارش شده باشد،آنگاه نسبت $\frac{X}{y}$ بیانگر متوسط تعداد تصادفات قطعه راه مورد نظر خواهد بود.این مقدار میانگین با مقدار پیش بینی شده $E[N]$ شباهت داشته اما به ندرت با هم برابر می باشند. زیرا اولا وقوع Xتصادف گذشته کاملا اتفاقی بوده و ثانیا قطعه راه مورد نظر حداقل یک یا دو خصوصیت انحصاری دارد که باعث می شود آن را از سایر قطعات مشابه راه ،مجزا نماید. بنابراین تعداد تصادفات پیش بینی شده در قطعه راه مورد نظر، $E[N/X]$ ، از طریق میانگین وزنی مقادیر $E[N]$ و $\frac{X}{y}$ محاسبه می شود؛

$$E[N/X]=E[N]\times W+\frac{X}{y}(1-W)$$

$$W=\left(1+\frac{E[N]\times y}{k\times L}\right)^{-1}$$

همچنین برای تعیین بیشترین تاثیرپذیری تعداد تصادفات در قطعه راه مورد نظر پس از انجام تغییرات خواهیم داشت:

$$E[N/X]_{after}=E[N/X]\times\frac{E[N_{after}]}{E[N]}$$

Archive

www.SID.ir

در نتیجه اختلاف بین تعداد تصادفات پیش بینی شده قبل و بعد از تغییرات ،بیانگر میزان تاثیر پذیری طرح،ناشی از تغییرات صورت گرفته می باشد .

$$\Delta N = E[N / X]_{after} - E[N / X]$$

شرط استفاده از روش تجربی بیز برای تعدیل و تصحیح مدل پیش بینی آن است که اجزای راه (قطعات راه ،تقاطع های همسطح و رمپ غیر همسطح)تحت تاثیر تغییرات فیزیکی زیاد مانند تغییر در تعداد معابر منتهی به تقاطع یا تغییرات اساسی در تعداد خطوط و ... نباشند.دلیل این محدودیت ،دسترسی به آمار تصادفات گذشته بوده که احتمالا نمی تواند نشانگر این تغییرات باشد.بنابراین با داشتن آمار تصادفات دو تا سه سال گذشته و عدم وجود تغییرات زیاد در اجزای راه ،آنگاه براساس روش بیز ،تعداد تصادف پیش بینی تعدیل شده برابر است با:

$$E[N / X] = E[N / X]_t \times \frac{E[N]}{E[N_t]}$$

لذا به منظور محاسبه تعداد تصادف پیش بینی تعدیل شده، $E[N / X]$ ،ابتدا می بایست براساس حجم ترافیک متوسط روزانه در سال جاری و نیز شرایط هندسی وضع موجود راه (در طول دوره تحلیل)،مقدار $E[N]$ محاسبه شود:

$$E[N] = E[N]_b \times C_{rs/\text{int}} \times AMF_1 \times AMF_2 \times ..... \times AMF_n$$

آنگاه مجددا، براساس حجم ترافیک متوسط روزانه در سال tام(گذشته)و نیز شرایط هندسی مربوط به آن سال خواهیم داشت:

$$E[N_t] = E[N]_b \times C_{rs/\text{int}} \times AMF_1^t \times AMF_2^t \times ..... \times AMF_n^t$$

به طور مشابه (همانند مطالعه قبل و بعد) خواهیم داشت؛

$$E[N / X]_t = E[N]_t \times W + \frac{X}{y}(1 - W)$$

$$W = \left(1 + \frac{E[N]_t \times y}{k \times L}\right)^{-1}$$

لازم به ذکر است که در این رابطه y فاصله زمانی مربوط به سال های گذشته بوده که تعداد Xتصادف گزارش گردید و در سال tام گذشته پیش بینی انجام شد.

همچنین ضریب k بیانگر پراکندگی برحسب (برمایل) و L طول قطعه راه بر حسب مایل بوده که در تقاطع ها برابر صفر می باشد.

بنابراین در نهایت از طریق روش تجربی بیز ،تعداد تصادفات پیش بینی شده پس از تصحیح و تعدیل با استفاده از اطلاعات و سوابق گذشته تصادفات ،محاسبه می شود:

$$E[N / X] = E[N / X]_t \times \frac{E[N]}{E[N_t]}$$

به عبارت دیگر در مقایسه با احتمال شرطی و قانون بیز می توان نوشت:

$$p[N/X] = p[N] \times \frac{p[X/N]}{p[X]} \approx E[N/X] = E[N] \times \frac{E[N_t / X_t]}{E[N_t]}$$

۴- نتیجه گیری :

۴-۱- همانطور که ملاحظه گردید ۶ روش اول برای شناسایی و اولویت بندی نقاط سیاه ، اولویت بندی را بر اساس مقایسه نقطه سیاه یا متوسط کل نقاط سیاه انجام می داد.

۴-۲- اگر تعداد کافی از مکانهای با خصوصیات یکسان وجود نداشته باشد ، معیار متوسط سطوح ایمنی دقت مناسب را نداشته و باید از روشهای دیگر استفاده کرد که یکی از این روشها ، روش مبتنی بر مدلهای پیش بینی تصادفات می باشد .

۴-۳- معیار مقایسه در روش مبتنی بر مدلهای پیش بینی تصادفات عدد حادثه خیزی می باشد که بطور مفصل در این مورد بحث گردید.

۴-۴- بدیهی است که تعدادی از تصادفات ثبت شده بعلت نقص در ایمنی راه نمی باشد و بصورت اتفاقی رخ می دهد.

۴-۵- در روش تجربی بیز احتمال اتفاقی بودن تصادفات دخیل شده و تعداد موثری از تصادفات پیش بینی می شود .

۴-۶- بعنوان یک نتیجه گیری کلی می توان اشاره کرد با توجه به شرایط رانندگی در کشورمان ایران که بسیاری از تصادفات به علت عواملی چون بی دقتی رانندگان و شرایط جوّی و یا مشکلات فنی خودرو رخ می دهد بنابراین بسیاری از تصادفات ثبت شده اتفاقی بوده و به علت نقص ایمنی راه نمی باشد. بدین منظور استفاده از روش تجربی بیز می تواند این احتمالات را در نظر گیرد و اولویت بندی نقاط سیاه با دقت و احتمال بیشتری انجام می شود.

۵- مراجع :

[1]- Carlin ,. Bradley p . and Thomas A . louis (2000) . bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis ,. Second Edition Chapman & Hall/ CRC, Boca Raton , FL.

[2]- prediction of the expected safety performance of Rural Two –Lane highways PUBLICATION NO. FHWA – RD -99-207 . D. W Harwood , F. M . council , E . Hauer , W . E Hughes and A . Vogt . May 1997-September 2000

[3]- Road safety Manual , PIARC TECHNICAL COMMITTEE ON ROAD SAFETY(C13),2003

Archive of SID

www.SID.ir

[4]-predicion of the expected
safety performance of rural
Two –Lane Highways
. PUBLICATION NO. FHWA-RD -99-207
DECEMBER 2000

Archive of SID

www.SID.ir