تحلیل ایمنی در مطالعات قبل-بعد به روش بیزین تجربی

عبدالرضا شیخ الاسلامی [۱]، لیلا عزیزی [۲]

[۱] استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، Sheikh@iust.ac.ir

[۲] کارشناسی ارشد مهندسی عمران، برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، L_Azizi@civileng.iust.ac.ir

چکیده

بروز تصادفات ، همواره مهندسین ترافیک را به سوی بررسی راهکارهای کاهش تصادفات کشانده است . استفاده از داده‌ها و اطلاعات موجود و جمع آوری شده ، امکان تحلیل و ارزیابی کیفی و کمی عوامل موثر بر تصادفات را فراهم آورده و می‌توان تاثیر تغییرات پیشنهادی در تسهیلات حمل و نقل را بر ایمنی ترافیک در افق بلند مدت بررسی کرد و توجیه فنی و اقتصادی قوی‌تری در رد یا پذیرش طرحهای مرتبط با ترافیک ارایه نمود. مطالعات قبل – بعد ، روش مورد استفاده مهندسین حمل و نقل در ارزیابی گزینه های مختلف ارتقای ایمنی است. در این روش از مطالعات ، اثر ایمنی یک اقدام مانند چراغدار کردن تقاطع یا حذف آن ،افزایش تعداد خطوط جاده ، اجرای خطوط برجسته ، تبدیل میدان به تقاطع، ایجاد دوربرگردان، نصب راهبند در تقاطعات جاده-راه آهن و سایر موارد با تحلیل های آماری تصادفات قبل و بعد از اقدام ، مشخص می شود. روشهای مطالعه قبل- بعد شامل سه دسته قبل و بعد ساده، گروههای مقایسه ای و روش بیزین تجربی می باشد. در این مقاله ضمن بررسی ، معایب و مزایای روشهای فوق به استفاده از روش بیزین تجربی در بررسی اثر ایمنی یک اقدام پرداخته و با ذکر مثالی کاربردی از آن ، با ارائه الگوریتم استفاده از روش فوق، نتایج با روش ساده مقایسه می شود. نتایج حاکی از افزایش دقت بیزین تجربی در نشان دادن شاخص اثر ایمنی است. همچنین این روش خطای میل بازگشت به میانگین که مهمترین مساله در روش ساده است را حذف نموده و با لحاظ تغییرات ترافیک از دوره قبل به بعد ، از عدم قطعیت نتایج در مقابله با تغییرات حجم ترافیک می کاهد.

کلمات کلیدی: بیزین تجربی، ارزیابی ایمنی ، قبل- بعد

۱- مقدمه

حمل و نقل، یکی از اجزای حیاتی زندگی امروزی است؛ یکی از مهم-ترین و اصلی‌ترین خصوصیات سیستم حمل و نقل ایمنی است. بطور کل ایمنی، باید یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کلان حمل و نقل بوده و کاهش تصادفات ترافیکی به عنوان یکی از اولویت‌ها و معیارهای تصمیم گیری و گزینه سازی در عرصه حمل و نقل مورد توجه قرار گیرد. اما لازمه توجه به ایمنی در افق بلندمدت، استفاده از ابزارها و امکانات ویژه‌ای است که منطبق بر اصول برنامه‌ریزی حمل و نقل، قادر به تشریح وضع موجود و پیش‌بینی وضعیت آینده باشد. مطالعات قبل – بعد ، روش مورد استفاده مهندسین حمل و نقل در ارزیابی گزینه های مختلف ارتقای ایمنی است. محققین برای تحقیق در کاهش / افزایش تعداد تصادف در اثر یک اقدام از مدل پیش بینی برخورد و مطالعات قبل-بعد استفاده می کنند. آنچه که در این مقاله مورد توجه خواهد گرفت بررسی روشهای مطالعه قبل-بعد و انتخاب بهترین روش یعنی روش بیزین تجربی می باشد. توانمندی این روش با ارائه مثالی به تصویر کشیده خواهدشد. در ادامه مروری بر تاریخچه موضوع در استفاده از این روش ارائه شده است.

هائر پیشکسوتی است که روش بیزین را برای استفاده مطالعات قبل-بعد جهت بررسی اثر یک اقدام در ایمنی بکاربرد. پرساد[۱]، کانسیل و لرد [۲]نیز افراد مجرب در این زمینه هستند که در ادامه برخی تحقیقات آنها و همکارانشان بطور خلاصه ذکر شده است. لرد و پرساد [1] در سال ۲۰۰۱ در مطالعه تغییرات تصادفات وسائط نقلیه در تغییر ۲۳ تقاطع چراغدار و بی چراغ به میدان از روش بیزین تجربی استفاده نمودند. هائر ، پرساد و همکاران **[2]** در مطالعه بررسی کاهش تصادف در حذف چراغ در ۱۹۹ تقاطع با حجم تردد کم و در مسیرهای غیر شریانی در فیلادلفیا از روش بیزین تجربی استفاده نمودند. هائر**[3]** در سال ۱۹۸۷ با استفاده از روش بیزین تجربی نصب راهبند در ۹۳۴ تقاطعات همسطح جاده-راه آهن مجهز به چراغ چشمک زن و ۱۰۳۷ تقاطع مجهز به تابلوی ایست را بررسی نمودند. پرساد **[4]**در سال ۱۹۹۷ در بررسی ایمنی تغییر تقاطع چراغدار به تابلوی ایست در تمام رویکردها و نیز در سال ۲۰۰۴ با

[1] Persaud
[2] Lord

Archive of SID
www.SID.ir

مطالعه اثر ایمنی اجرای خطوط برجسته [1] در خط مرکزی در ۲۱۱ مایل از جاده دوخطه از روش بیزین تجربی استفاده نمود. گریفث و کانسیل [5] در تحلیل و ارزیابی ایمنی تعداد و شدت تصادف در اثر استفاده از اجرای خطوط برجسته شانه در ۱۸۲/۶ کیلومتر دوخطه های برون شهری مینسوتا از روش بیزین تجربی استفاده نمودند. شرما [2] [6] در تحلیل ایمنی ۳۵ تقاطع چراغدار با اقدامات بهبود ایمنی تقاطع مانند اضافه کردن خط گردش به چپ ، ایجاد فاز گردش به چپ و دید بهتر چراغ راهنمایی ، به روش بیزین تجربی و ساده ، نتیجه گرفت در دوره ۳ سال و کمتر روش بیزین تجربی دقیق تر و از ۳ سال به بالا نتایج دو روش یکسان است.

۲- روشهای اندازه گیری ایمنی در مطالعات قبل-بعد وبررسی اثر یک اقدام

مطالعات قبل – بعد روش مورد استفاده مهندسین حمل و نقل در ارزیابی گزینه های مختلف است. در مطالعات قبل –بعد ، اثر ایمنی یک اقدام با تحلیل های آماری قبل و بعد از ارتقا ، مشخص میشود. طبق گزارش دانشگاه فلوریدا [۷]، به نقل از منوال مطالعات مهندسین حمل و نقل، مشکلاتی که در مطالعات قبل-بعد وجود دارد به شرح زیر است.

۱- تجربیات قبل-بعد نیاز به زمان طولانی بین تصمیم گیری تا اجرای یک تجربه و رسیدن به نتیجه دارد.
۲- مطالعه قبل –بعد برای طرح در حال اجرا مشکل می باشد.
۳- فراهم کردن داده ها برای دوره قبل مشکل است.
۴- ایجاد رفتارهای نامعمول شامل عکس العملها به یک تغییر که سبب خطا در داده ها می شود.
۵- تغییرات فاکتورهای متفاوت در دوره زمانی قبل و بعد
۶- روند آمار تصادفات(که در روش ساده وجود دارد)

روشهای مطالعه قبل-بعد شامل ۴ دسته زیر می باشد.

۱- قبل و بعد ساده
۲- قبل و بعد با گروههای مقایسه ای
۳- قبل و بعد به روش بیزین تجربی
۴- قبل و بعد به روش بیزین کامل

۲-۱- روش قبل - بعد ساده [3]

با فرض ثابت بودن شرایط ترافیکی ، هندسی ، آب و هوا و رفتار رانندگان ، تعداد تصادف قبل از اقدام، تخمین مناسبی از تعداد تصادف بعد از اقدام میدهد. در این روش تصادفات مورد انتظار در دوره بعد بصورت ضرب تعداد تصادف دوره قبل برای هر سایت در نسبت طول دوره زمانی تحلیل بعد به قبل و با در نظر گرفتن نسبتی از حجم دوره قبل به بعد محاسبه می شود. در این روش نیاز به جمع آوری اطلاعات زیاد تصادفات است.

کاهش در تصادفات و ارزیابی میزان ایمنی ناشی از اجرای یک برنامه با رابطه ۱ محاسبه میشود.

میزان کاهش/افزایش تعداد برخورد =(A- B) /A (۱)

که در آن:

A: تعداد تصادف در یک سایت قبل از اقدام

B: تعداد تصادف در همان سایت پس از اقدام

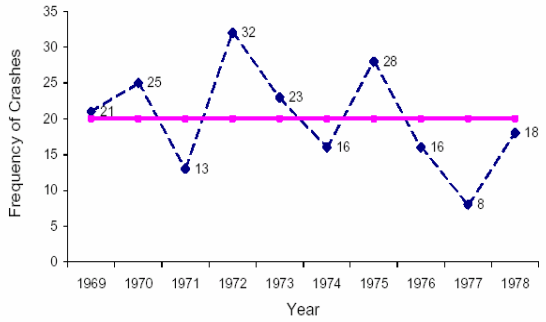
می توان از آزمون t جهت تعیین سطح اهمیت آماری در سطح ۹۵٪ برای تاریخچه تصادفات مساوی در دوره زمانی قبل-بعد استفاده نمود. بدین ترتیب که مشخص میشود آیا تفاوت در متوسط تعداد تصادف بین دو گروه (قبل-بعد) معنادار هست یا خیر.

متاسفانه روش ساده فوق اغلب منجر به نتایج غیر دقیق بعلت معایبی که در ادامه بیان شده ، می شود. **[8,9]**

الف: میل بازگشت به میانگین [4]

رویداد آماری فوق متاثر از رفتار انسانی است. چنانچه در مکانهای با تعداد تصادف بالا ، تمایل به کاهش برخورد بدون هیچ گونه اقدام جهت ارتقا ، وجود دارد و بالعکس.

کانسیل [5] ، اثر میل بازگشت به میانگین را با یک مثال تئوری به مانند آنچه که در شکل ۱نشان داده شده است نشان داد. درشکل ۱ ، محدوده تعداد برخوردها بین ۸ تا ۳۲ بوده و میانگین ۲۰ می باشد، مشاهده می شود اگر ارتقای ایمنی در سال ۱۹۷۳ درپاسخ به تعداد تصادف بالای سال ۱۹۷۲ ، صورت گیرد ، کاهش ۲۸٪ تصادف در نتیجه اقدام خواهد داشت، هرچند اقدام جهت ارتقای ایمنی اثراتی داشته است لیکن تمایل به کاهش تصادف منجر به نتیجه غیر موثر گردیده است.



شکل ۱ : اثر میل بازگشت به میانگین

ب: کوچ تصادفات [6]

بررسی‌ها نشان داده بروز تصادفات در قسمت‌های مختلف یک راه از هم مستقل نیست . به عبارت ساده، بروز تصادف در تقاطع‌های یک راه، علاوه بر وضعیت تقاطع، با وضعیت سایر تقاطع‌های همان راه، وضعیت کل راه و حتی وضعیت راه‌ها و تقاطع‌های مجاور دیگر نیز رابطه دارد و حذف مشکل در آن تقاطع به تنهایی چاره ساز نبوده و منجر به کوچ تصادفات به محل‌های دیگر می‌شود. به این ترتیب، برای حل مشکل ایمنی یک تقاطع، کلیه تقاطع‌های موجود در قطعه

[1] Rumble Stripe
[2] Sahrma
[3] Simple before-after study
[4] Regression-to-the-mean
[5] Council
[6] Crash migration

www.SID.ir

راه مورد بررسی قرار گرفته و بعبارتی دایره بررسی را بایستی بزرگتر نمود.

ج: روند آمار تصادفات[1]

کانسیل، تغییرات تعداد یا نرخ روند تصادف در طی زمان بر اثر فاکتورهایی چون جریان ترافیک ، آب و هوا ، اقتصاد و مهارت گزارش برخورد را روند تصادفات می نامد. تحلیل دقیق اثرات یک اقدام در یک محل بایستی با توجه به این موضوع باشد. بدون توجه به این موضوع ، می توان نتیجه گرفت که کاهش تعداد یا نرخ برخورد از دوره قبل از اقدام به دوره بعد از اقدام در نتیجه اقدام بوده است در حالیکه ممکن است گزینه های دیگری در کاهش برخوردها موثر بوده باشد.

د: فاکتورهای خارجی تصادفی[2]

فاکتورهای موثر در ایمنی جاده در ۲ دسته طبقه بندی می شود.

۱- فاکتورهای قابل فهم و اندازه گیری مانند رشد حجم ترافیک

جهت تصحیح میزان کاهش برخورد در نتیجه یک اقدام ایمنی رابطه ۱ بصورت رابطه ۲ اصلاح می شود.

$$MF=\frac{(N_b/V_b)-(N_a/V_a)}{N_b/V_b}) \qquad (۲)$$

MF: میزان کاهش/افزایش تعداد برخورد

N_a :تعداد تصادفات قبل از اقدام

N_b : تعداد تصادفات پس از اقدام

V_a: حجم تردد قبل از اقدام

V_b: حجم تردد پس از اقدام

۲- فاکتورهای قابل فهم و غیر قابل اندازه گیری مانند شرایط اقتصادی ، ناوگان و ...

۲-۲-مطالعه قبل-بعد به روش مقایسه گروهی

جهت حل مسایل روند تصادف و فاکتورهای خارجی در روش قبل-بعد ساده ، محققین این روش را توسعه داده اند. یک گروه مقایسه ای ، گروهی از مکانهای مرجع انتخابی با مشخصات مشابه مکانهای اقدام در رفتار،حجم تردد و جغرافیا می باشد. این روش بعلت شباهت بین سایتهای اقدامی[3] و مقایسه ای[4] نتایج دقیق تری نسبت به روش قبلی دارد. در این روش از داده های تصادفات در گروه مقایسه ای جهت تخمین تصادفاتی که در سایتهای جهت اقدام، قبل از اجرای اقدام، رخ میدهد استفاده می شود. فرضیات اساسی این روش موارد ذیل می باشد:

۱- فاکتورهای موثر در ایمنی بصورت مشابه در دوره قبل و بعد از اقدام در مکانهای اقدام و گروههای مقایسه ای تغییر کرده باشد.

۲- تغییر در فاکتورهای مختلف ، در ایمنی مکانهای اقدام و گروههای مقایسه ای بصورت مشابه اثر می گذارد.

تحت فرضیات فوق می توان فرض نمود که تغییر در تعداد برخوردها قبل و بعد از اجرای اقدامات در مکانهای اقدامی در صورت عدم ارتقای مکان جهت اقدام ، بصورت نسبتی از گروه مقایسه ای می باشد بنابراین:

$$R_c * N_{bt} = N_{at} \qquad (۳)$$

R_c: نسبت تصادفات قبل به بعد در سایتهای مقایسه ای

N_{bt}: تعداد برخوردهای مشاهده شده در دوره قبل برای سایتهای اقدام

N_{at}: تعداد برخورد مورد انتظار در دوره بعد در مکانهای اقدام (بدون ارتقا)

روابط مختلفی برای محاسبه میزان کاهش برخوردها (CRF[5]) بر اساس روش فوق ارائه شده است یکی از این روابط نسبت احتمال[6] است.

$$CRF=Odds\ Ratio-1 \qquad (۴)$$

اگر CRF منفی شود به معنای کاهش در برخوردها درطی اقدام است و در صورتیکه مثبت باشد بر خلاف آن است.

آقای پندلتون[7] وآقایان هائر و گریفث[8] ، نسبت احتمال را به ترتیب به صورت روابط ۵ و ۶ ارائه نموده اند.

$$oddsratio=\frac{M/N}{K/L} \qquad (۵)$$

$$oddsratio=\frac{KN}{(LM)(1+1/L+1/M)} \qquad (۶)$$

M: تصادفات قبل برای گروه مقایسه ای

N: تصادفات بعد برای گروه مقایسه ای

K: تصادفات قبل برای گروه اقدام

L: تصادفات بعد برای گروه اقدام

از آنجایی که تعداد مکانهای اقدامی و مقایسه ای همیشه مساوی هم نیستند نیاز به تصحیح برون یابی نتایج می باشد.

محققین دیگر در رابطه با محاسبه کاهش/افزایش در کل تعداد تصادفات سالانه، روابطی را ارئه داده اند که در اینجا از آن صرفنظر می شود. **[8,9]**

۲-۳-مطالعه قبل-بعد به روش بیزین تجربی

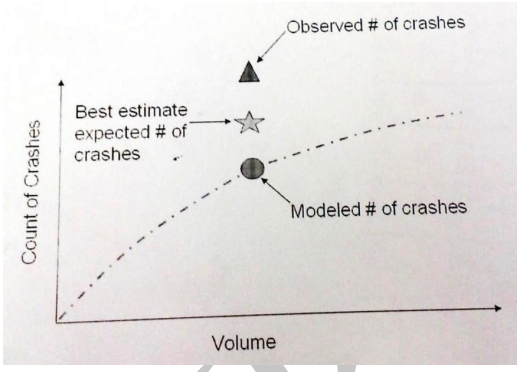
مهمترین مشکل روش قبل-بعد ساده ، میل بازگشت به میانگین است که روش بیزین این مشکل را مرتفع می نماید. این روش تغییرات ترافیک از دوره قبل به بعد را لحاظ می کند و از عدم قطعیت نتایج در مقابله با تغییرات حجم ترافیک می کاهد **[9]**. همچنین جهت افزایش دقت کار خصوصاً در دوره زمانی کوتاه تحلیل و نیز در ارزیابی سایتهای دارای تصادف بالا ، روش بیزین تجربی موثر است. در شکل

[1] Maturation
[2] External casual factor
[3] Treated sites
[4] Comparison sites
[5] Crash reduced factor
[6] Odds ratio
[7] Pendleton
[8] Griffth& Hauer

Archive of SID

www.SID.ir

۲، که توسط هاروود[1] در سال ۲۰۰۲ ارائه شد، مناسب بودن روش بیزین تجربی در مقایسه با مدلسای و تعداد واقعی تصادف را نشان میدهد.**[10]**



شکل۲: مقایسه روش بیزین تجربی در تخمین تعداد تصادف مورد انتظار با مقدار واقعی و مدلسازی

روش پیش بینی شامل دو گام اساسی زیر است:

۱- تعیین پایه ای برای پیش بینی تصادفات در دوره قبل

۲-تعیین تغییر در پیش بینی های تصاف از دوره قبل به بعد با توجه به تغییر فاکتورهای ترافیک ، آب و هوا

فرضیات اساسی این روش:

۱- تعداد تصادفات هر محل از توزیع پواسون پیروی می کند.

۲- متوسط جامعه را می توان با توزیع گاما تخریب زد.

۳- تغییرات سالانه فاکتورهای مختلف برای تمام محلهای مرجع[2] مشابه است.

دراین روش، از داده های برخورد در مکان اقدام و تصادفات مورد انتظار در مکانهای مرجع با ویژگیهای مشابه استفاده تا تصادفات مورد انتظار در مکان جهت اقدام تخمین زده شود. مکانهای مرجع به لحاظ هندسه ، حجم و ترکیب تردد و سایر مشخصات موثر در ایمنی بایستی شبیه سایتهای اقدامی بوده و تغییرات سالانه فاکتورهای مختلف برای تمام سایتهای مرجع مشابه می باشد [11,1,4] . هائر [11] اساس محاسبه را بصورت رابطه ۷ ارائه نمود.

$$E(k|K) = \alpha E(k) + (1-\alpha)K \qquad (۷)$$

E(k) : تعداد تصادفات مورد انتظار در مکانهای مرجع(SPF[3])

K : تعداد تصادفات مشاهده شده در مکان اقدام

$E(k|K)$: تعداد تصادفات مورد انتظار در مکان جهت اقدام

α: وزن که از کالیبراسیون مدل رگرسیون دوجمله منفی مربوط به گروه مرجع بدست می آید وبصورت $\alpha = \frac{1}{1+\frac{Var(E(k))}{Var(k)}}$ تعریف می شود. ($0 \le \alpha \le 1$)

محاسبه E(k) به دو روش نمونه لحظه ای[4]و رگرسیون چند متغیره امکان پذیر است. جهت افزایش دقت تخمین روش بیزین ، با توجه به تغییرات سال به سال فاکتورهای دیگر که در معادله رگرسیونیSPF بکار نرفته است مانند تغییر در آمارگیری و گزارش گیری تصادفات ، تغییر در کاربریها در طی تحلیل مانند ایجاد یک سوپرمارکت و سایر موارد مانند شرایط جوی ، رفتار رانندگان و... از ضریب سالانه[5] استفاده میشود.

تغییر در ایمنی در اثر یک اقدام مانند اجرای خطوط برجسته و یا تبدیل تقاطع به میدان بصورت B - A تعریف می شود. که در آن B ، تعداد تصادف مورد انتظار در دوره بعد بدون اقدام (اگر اقدام صورت نمی گرفت) و A ، تعداد تصادف گزارش شده در دوره بعد ، می باشد. بطور معمول B با روش بیزین تجربی تخمین زده می شود. تخمین B و واریانس B با فاکتورهای تفاوت در طول دوره زمانی تحلیل قبل-بعد و حجم تردد برای تمام سایتهای اقدامی اصلاح می گردد. فاکتور تصحیح در طول دوره زمان قبل-بعد بصورت تقسیم تعداد سالهای دوره بعد به قبل می باشد. اهمیت آماری B – A نیز با فرض توزیع پواسون متغیر پاسخ (Var(A)=A) با واریانس B مشخص میشود. تخمین و واریانس های B برای تمام سایتهای اقدامی جمع و با تعداد کل تصادفات ثبت شده در سایتهای اقدامی (A) در دوره بعد مقایسه میشود. از این رو شاخص اثر ایمنی(θ) ، واریانس و انحراف استاندارد آن بصورت روابط زیر تعریف میشوند. [۱، ۴]

$$E(k|K) = m = w_1(x) + w_2(P) \qquad (۸)$$

$$w_1 = \frac{p}{p+1/k} \qquad (۹)$$

$$w_2 = \frac{1}{k(p+1/k)} \qquad (۱۰)$$

$$\theta = \frac{\lambda/\pi}{1+[Var(\pi)/\pi^2} \qquad (۱۱)$$

$$Var(\theta) = \frac{\theta^2([\mathrm{var}(\lambda)/\lambda^2]+[Var(\pi)/\pi^2]}{[1+\mathrm{var}(\pi)/\pi^2]^2} \qquad (۱۲)$$

$$\sigma(\theta) = \sqrt{Var(\theta)} \qquad (۱۳)$$

که در آن:

$$\pi = \sum B \quad و \quad \lambda = \sum A$$

X : تعداد تصادفات مشاهده شده برای سایتهای اقدام

P : تعداد تصادفات پیش بینی شده برای سایتهای اقدام از مدل رگرسیون

K :پارامتر پراکندگی بدست آمده از کالیبراسیون مدل رگرسیون دوجمله منفی

n: تعداد سالهایی که داده آنها استفاده شده است

$\delta = \pi - \lambda$ کاهش در کل تصادفات مورد انتظار نیز بصورت تعریف می شود. و وایانس آن بصورت رابطه ۱۴ بیان میشود.

$$Var(\delta) = \sum Var(B) + \sum Var(A) \qquad (۱۴)$$

[1] Harwood
[2] Reference sites
[3] Safety Performance Factor
[4] Sample moment
[5] Yearly multipliers

Archive of SID

www.SID.ir

درصد تغییر در تصادفات بصورت $(1-\theta)*100$ محاسبه میشود.

در صورتی که شاخص اثر ایمنی θ کوچکتر از یک باشد نشان دهنده کاهش در تصادف و بهبود ایمنی ، مساوی صفر نشان دهنده بی تاثیر بودن در تصادف و بیشتر از یک نشان میدهد که تصادف افزایش و تنزل در ایمنی ایجاد شده است. [11,12]

۲-۴- روش بیزین کامل (FB[1])

لازم به ذکر است روش بیزین کامل (FB) نیز در امر مطالعات ایمنی و بررسی اثر اقدام قابل کاربرد است . میاوو[2] و لرد در سال ۲۰۰۳ از این روش برای ارزیابی ایمنی اقدام استفاده نمودند.این روش نسبت به بیزین تجربی دارای مزایا و معایبی است ، از جمله آنکه در این روش مانند بیزین تجربی در ساخت مدل رگرسیون SPF از مدل خطی تعمیم یافته استفاده نمی شود بلکه از مدلهای پیچیده تر استفاده می شود که درک و استفاده از آن نیازمند دانش سطح بالایی در آمار می باشد. خروجی های حاصل از این روش دارای اعتبار و دقت بسیار خوبی در نتایج خصوصاً در اندازه نمونه های کم دارد[13]. در کل روش بیزین تجربی ، روش کوتاه[3] نامیده می شود که در آن از حجم ترافیک و تصادفات ۲- ۳ سال اخیر استفاده می شود. و در روش کامل ، از تاریخچه تصادف طولانی تری استفاده می شود. [11]

۲-۵-مقایسه روشهای مطالعات قبل-بعد

از اهم مشکلات مطالعه قبل-بعد ساده ،خطای میل بازگشت به میانگین ، ناتوانی در تعیین اثرات اقدام واثرات فاکتورهای خارجی متغیر از دوره زمانی قبل به بعد است. علیرغم مشکلاتی که این روش دارد ، با یکسری اصلاحات در مواردی که مطالعه دیگری برای رسیدن به دقت آماری ممکن نیست ، میزان اثر میل بازگشت به میانگین بر نتایج تحلیل محرز نمی باشد و یا مکانهای انتخابی دارای تاریخچه تصادف بالا در بازه زمانی طولانی باشد ، استفاده می شود.

روش مقایسه گروهی با توجه به در نظر گرفتن فاکتورهای خارجی مرتبط با زمان در هر دوره قبل و بعد مسایل روش قبل –بعد ساده را حل می نماید لیکن این روش بطور عملی محدود است، زیراکه یافتن تعداد کافی سایتهای مشابه بدون اقدام جهت گروههای مقایسه ای مشکل است. بنابراین بزرگترین چالش در استفاده این روش تعریف و جمع آوری داده در گروه مقایسه ای است. نتایج روش بیزین تجربی با مکانهای مقایسه ای قابل قیاس است؛ در صورتی که تعداد مناسب و کافی مکانهای مقایسه در دسترس نباشد روش بیزین تجربی را می توان بکار برد. اجرای روش بیزین کامل نیز بسیار مشکل است . در کل روش بسیار مناسب و ابزار تحلیل قوی در اندازه گیری ایمنی اثر یک اقدام، روش بیزین تجربی است. بنابراین در ادامه مثالی از آن ذکر می شود.

۳- مثالی از بررسی اثر ایمنی یک اقدام مانند تبدیل تقاطع به میدان

در این قسمت با ذکر مثالی از اقدامات افزایش ایمنی مانند تبدیل تقاطع بی چراغ به میدان، کاربرد روش بیزین تجربی در بررسی ایمنی و مقایسه آن با روش ساده ذکر می شود.

۳-۱- استفاده از روش بیزین تجربی

جهت تحلیل و ارزیابی ایمنی تعداد و شدت تصادفات در اثر تبدیل تقاطع به میدان ، خصوصاً در دوره تحلیل زمان کوتاه و تهدید میل بازگشت به میانگین و نیز بالا بودن تصادف در محلهای مورد مطالعه، روش بیزین تجربی بهترین گزینه است. همانطور که گفته شد این روش تغییرات حجم از دوره قبل به بعد را نیز لحاظ می کند.

الگوریتم استفاده از روش بیزین تجربی درادامه آورده شده است که مثالی از آن جهت روشن شدن مطلب ذکر شده است. مساله تحلیل ایمنی تبدیل تقاطع بی چراغ ۴راهه به میدان است.

اطلاعات مثالی از تقاطع تبدیل شده به میدان بصورت جدول۱ می باشد.

جدول۱: داده های مثال نمونه

	قبل از تبدیل	بعد از تبدیل
زمان تحلیل به سال	۴/۶۷	۳/۱۷
تعداد کل تصادفات	۳۴	۱۴
متوسط حجم ترافیک روزانه مسیر اصلی وارد شونده به تقاطع	۱۰۶۵۴	۱۱۹۵۶
متوسط حجم ترافیک روزانه مسیر فرعی وارد شونده به تقاطع	۴۶۹۱	۵۲۶۴

۱- انتخاب گروه مرجع

گروه مرجع گروهی از تقاطعات انتخابی شبیه به دوره قبل از تبدیل به میدان در هندسه تقاطع، نوع کنترل ترافیک و حجم ورودی از رویکردهای اصلی و فرعی به تقاطع است. به عبارتی در دوره زمانی تحلیل طولانی مدت تقاطعاتی شبیه به آن تقاطعات در دوره قبل شامل تقاطعات بی چراغ ۴ راهه و دارای نوسان حجم ترافیک و تصادفات یکسان می باشد.

۲- ساخت مدل رگرسیونی از داده های گروه مرجع(SPF)

یک مدل رگرسیونی دوجمله منفی از داده های گروه مرجع و داده های تقاطعات تبدیل شده در دوره قبل از تبدیل ساخته میشود و پارامتر پراکندگی آن بدست می آید.

در اینجا فرض می شود که مدل پیش بینی ساخته شده حاصل از آن بصورت رابطه۱۵ باشد.

$$P = \alpha (ADT_{\min or})^{\beta_1} (ADT_{major})^{\beta_2} \qquad (۱۵)$$

که در آن $\alpha = 0/000379$ ، $\beta_1 = 0/256$ ، $\beta_2 = 0/831$ می باشد. همچنین p ، تعداد تصادفات پیش

[1] Full bayes
[2] Miaou
[3] abridged

Archive of SID

www.SID.ir

بینی شده در سال در تقاطع و ADT_{major} و $ADT_{\min or}$ به ترتیب متوسط حجم ترافیک روزانه ورودی به تقاطع از مسیر اصلی و فرعی می باشد. پارامتر پراکندگی ۰/۲۵ می باشد.

۳- تخمین تعداد تصادفات در دوره قبل(P_b)

حال با استفاده از اطلاعات جدول۱و رابطه ۱۵، برای مثال نمونه ، P_b محاسبه می شود.

$$P_b = 0/000379 * (10654)^{0/256} (4691)^{0/831} = 4/58$$

۴- پیش بینی تعداد تصادفات سالانه مورد انتظار در دوره قبل

با لحاظ نمودن پارامتر پراکندگی و تعداد سال زمان تحلیل ، تعداد تصادفات سالانه مورد انتظار در دوره قبل تخمین زده می شود.

$$m_b = (k + x_b)/(k/p_b) + y_b) =$$
$$(4+34)/((4/4/58) + 4/67) = 6/86$$

۵- محاسبه نسبت R

جهت تخمین B ، تعداد تصادفات مورد انتظار در دوره بعد اگر تقاطع به میدان تبدیل نمی شد، از نسبتR ، نسبت تعداد تصادفات بعد به قبل ، استفاده می شود. تفاوت طول دوره تحلیل و نیز حجم ترافیک دوره قبل و بعد نیز بایستی لحاظ شود.

$$P_a = 0/000379 * (11956)^{0/256} (5264)^{0/831} = 5/19$$
$$R = P_a / P_b = 5/19/4.58 = 1/133$$

۶- پیش بینی تعداد تصادفات سالانه مورد انتظار در دوره بعد

$$m_a = R * m_b = 1/133 * 6/89 = 7/772 crashes/year$$

۷- تخمین B ، تعداد تصادفات مورد انتظار در دوره بعد اگر اقدام صورت نمی گرفت

تعداد تصادفات مورد انتظار در دوره بعد اگر تقاطع به میدان تبدیل نمی شد با لحاظ نمودن طول دوره تحلیل دوره بعد بصورت زیر محاسبه می شود.

$$B = 7/772 * 3/17 = 24/63$$

واریانس B بصورت زیر محاسبه می شود.

$$Var(B) = (m_b) * (R * y_a)^2 / ((k/p) + y_b)) = 15/96$$

۸- تخمین شاخص اثر ایمنی(θ)

از رابطه ۱۱ ، این شاخص تخمین زده می شود.

$$\theta = (14/24/63)/(1 + (15/96/24/63^2)) = 0/55$$
$$Var(\theta) = 0/028$$

بنابراین میزان کاهش تصادفات و افزایش ایمنی بصورت $100 * (1 - 0/55) = 44/6\%$ می باشد. یعنی در مثال مورد مطالعه ۴۴٪ کاهش در تصادفات در اثر تبدیل تقاطع فوق به میدان حاصل شده است.

البته تمام مراحل فوق برای تمام سایتهای مورد مطالعه محاسبه می شود و همانطور که در روابط۸ تا ۱۳ مشاهده می شود جمع تعداد تصادفات واقعی($\sum A$) ، λ و جمع تعداد تصادفات مورد انتظار در دوره بعد اگر تبدیل صورت نمی گرفت ($\sum B$) ، π می باشد که سپس θ از رابطه ۱۱ بدست می آید.

۳-۲- استفاده از روش ساده

برای مثال مورد اشاره در بخش قبل ، به روش بیزین تجربی ، میزان کاهش در تصادفات ذکر گردید. به روش ساده از رابطه ۱ مشاهده میشود که ۵۸/۸۲ ٪ تصادفات از دوره قبل به بعد کاهش یافته است. البته در صورت تصحیح فاکتور حجم با استفاده از رابطه ۲، میزان کاهش در تصادفات ۶۳ درصد می باشد. با تصحیح تفاوت در طول دوره تحلیل قبل و بعد این میزان کاهش در تصادفات به ۴۲ درصد می رسد.

۳-۳- مقایسه روش ساده و روش بیزین تجربی در مطالعات ایمنی قبل-بعد

مشاهده می شود نتیجه حاصل از روش ساده قبل-بعد منجر به بروز خطا و نتیجه اغراق آمیز می گردد بطوری که در روش بیزین تجربی ۴۴٪ کاهش و در روش ساده حدود ۵۹٪ کاهش مشاهده می شود. در صورتی که روش ساده قبل- بعد با فاکتور حجم و طول دوره تحلیل قبل-بعد اصلاح شود نتیجه به ۴۲٪ می رسد که نزدیک به روش بیزین تجربی می باشد. این در صورتی است که خطای میل بازگشت به میانگین زیاد نباشد و در اینجا نتایج روش ساده و روش بیزین تجربی حدود ۴/۵ درصد خطای میل بازگشت به میانگین را نشان میدهد.

۴- نتیجه گیری

روش ساده قبل-بعد، دارای خطاهایی می باشد که مهمترین آنها میل بازگشت به میانگین است، نتایج روش بیزین تجربی با مکانهای مقایسه ای قابل قیاس است؛ در صورتی که تعداد مناسب و کافی مکانهای مقایسه در دسترس نباشد روش بیزین تجربی را می توان بکار برد. اجرای روش بیزین کامل نیز بسیار مشکل است . بنابراین با بررسی مکانهای حادثه خیز ، دوره زمانی تحلیل کوتاه خصوصاً زیر ۳ سال و بررسی خطر میل بازگشت به میانگین که ناشی از رفتار انسانی در بروز تصادفات است؛ بهترین روش در ارزیابی ایمنی اثر یک اقدام در تعداد ، شدت و نحوه تصادفات و تصمیم گیری در رد یا پذیرش طرحها، روش بیزین تجربی می باشد. در این مقاله ضمن بررسی روشهای مطالعات قبل-بعد در تحلیل و ارزیابی ایمنی اثر یک اقدام ، توانمندی روش بیزین تجربی معرفی و مثالی از نحوه محاسبه ارائه شد. همچنین نتایج حاصل از روش بیزین تجربی و روش ساده با یکدیگر مقایسه شد. نتایج حاکی از افزایش دقت روش بیزین تجربی در نشان دادن شاخص اثر ایمنی است.

۵-مراجع

Archive of SID

www.SID.ir

[1] Persaud,B.,Retting.R,Lord.D, "Observation before-after study of the safety effect of U.S. roundabout conversion using the empirical bayes method", Transportation Research Board, 2001.
[2] Hauer, E., B.persaud, "Crash reduction related to traffic signal removal in Philadelphia", Accident analysis and prevention, 1997.
[3] Hauer, E., "Cause and effect in observational cross-section studies in road safety", Draft, February 2005.
[4] Persaud, B., Lyon.C, "Empirical bayes before-after safety studies: lessons learned from two decades of experience and future directions", Accident analysis and prevention, 2007.
[5] Patel ,R.,F. Council &M. Griffith, "Estimating safety benefits of shoulder rumble strips on two-lane rural highway in Minnesota", Transportation Research Record,2007.
[6] Sharma , K.D. Tapan, "investigation of regression to mean effect in traffic safety evaluation methodologies", Transportation Research Record, 2007.
[7] Lu,j., S.Dissanyake “Safety evaluation of right turns followed by u-turns as an alternative to direct left turns”, university of south florida,2001.
[8] Council,F. ”Accident research manual”, university of Carolina, final report, 1980.
[9] Gan, A.& j.Shen,” Development of Crash Reduction Factors: Methods, Problems, and Research Needs”, Transportation Research Board, 2003.
[10] Monsere,C., "understand the safety effects of roadway illumination reduction",Portland state university,2007 .
[11] Hauer, E., D.W. Harwood, F.M. Council, M.S. Griffith, " The Empirical Bayes method for estimating safety: A tutorial." Transportation Research Record 1784, pp. 126-131., Washington, D.C. 2002.
[12] Email response from Ezra Hauer, ezra.hauer@utoronto.ca, Professor, Department of Civil Engineering, University of Toronto, Ontario, Canada, roadsafetyresearch.com.
[13] Carriquiry, A.L, and M.pawlovich, "from empirical bayes to full bayes :methods for analyzing traffic safety data", Iowa department of transportation,2004

Archive of SID

www.SID.ir