

تعیین روش بهینه اولویت بندی نقاط حادثه خیز در حمل و نقل مواد خطرناک

مهدی باوقار زعیمی، حسن فضائلی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل ، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران

m_bavaghar@yahoo.com

hassan_fazaali@hotmail.com

خلاصه

حوادث جاده ای سالانه خسارات و تلفات فراوانی را به کشورهای مختلف در سرتاسر دنیا تحمیل می کند. نقاط حادثه خیز به نقاطی اطلاق می شود که از لحاظ شمار و شدت تصادفات و تلفات از آمار بالایی برخوردار باشند. از طرفی حمل و نقل مواد خطرناک با توجه به شرایط خاص این مواد به ایمنی بالای مسیر نیاز دارد. در این تحقیق سعی شده با استفاده از روش های مختلف، به بررسی پتانسیل حادثه خیزی این نقاط پرداخته شود. سپس با ارزیابی نقش هر یک از شاخص های ایمنی و پارامترهای تأثیرگذار وزن دهی به آنها، با توجه به ویژگی های خاص حمل و نقل مواد خطرناک ، بهترین مدل در اولویت بندی نقاط حادثه خیز مشخص می شود.

کلمات کلیدی: روش اولویت بندی نقاط حادثه خیز، حمل و نقل مواد خطرناک، ایمنی

۱. مقدمه

یکی از مهمترین پارامترها در حمل و نقل مواد خطرناک ایمنی مسیر است. از این رو انتخاب یک مسیر مناسب، که امکان ترانزیت ایمن کالا و یا محوله را فراهم آورد از اهمیت شایانی برخوردار است. در این بین شناسایی نقاط حادثه خیز مسیر و رفع آن تا حد قابل توجهی در بالا بردن ضریب ایمنی مسیر مؤثر خواهد بود.

با دانستن این مطلب که هزینه تصادفات جاده ای حدود ۱٪ سرمایه و منابع سالیانه تولید ناخالص ملی کشورهای در حال توسعه را تشکیل می دهد، اهمیت این موضوع بیشتر آشکار می شود [2].

به طور کلی می توان مهمترین عوامل مؤثر بر تصادفات را به شرح زیر نام برد:

خطای راننده: اصولاً ۷۵-۸۰٪ حوادث رانندگی ناشی از خطای رانندگان است.

جاده ها: ۱۵-۱۰٪ حوادث رانندگی به دلیل مشکلات مربوط به طرح هندسی یا خصوصیات فیزیکی مسیر رخ می دهد.

وسیله نقلیه: این عامل در مقابل دو عامل دیگر از اهمیت کمتری برخوردار است.

در این مقاله سعی شده است ضمن بیان انواع روشها و مدل های تعیین نقاط حادثه خیز به بیان نقاط ضعف و قوت هر یک پرداخته شود به نحوی که در نهایت با در نظر گرفتن خصوصیات یک حمل و نقل ایمن برای مواد خطرناک مؤثرترین روش بیان شود. بدین جهت شناخت این مواد و خصوصیات حمل آن در ابتدا حائز اهمیت است.

۲. مواد خطرناک

به محموله هائی که از لحاظ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، ترانزیت، اثرات محیطی و مواردی از این دست قابلیت ایجاد خطر را دارا باشد، مواد خطرناک اطلاق می شود که به شرح زیر طبقه بندی می شوند:

مواد انفجاری، گازهای فشرده، مایعات قابل اشتعال، مواد اکسید کننده و پروکسید آلی، مواد سمی و عفونی، مواد رادیواکتیو، مواد خورنده و سایر مواد خطرناک.

در ارتباط با حمل، کنترل و نگهداری این مواد قوانین خاصی در کشورهای مختلف به تصویب رسیده است که در محدوده این تحقیق قرار ندارند. با این حال لازم است به ۳ اصل اساسی در مورد حمل و نقل این مواد اشاره کرد.

۱.۲. خصوصیات مسیر

در حمل و نقل این مواد استفاده از مسیری مناسب از نظر طرح هندسی، نوع روسازی، ایمنی مسیر، وجود شانه مناسب راه، امکانات دسترسی و امداد رسانی در طول مسیر و در حد زیادی در بالا بردن ایمنی حمل و نقل موثر خواهد بود، بطوری که هر یک از این موارد به عنوان فاکتوری مهم در انتخاب یک مسیر تأثیرگذار می باشد.

۲.۲. خصوصیات ترافیکی

انتخاب مسیرهای پرتراکم و شلوغ سبب افزایش سطح و شدت تصادفات خواهد شد. این مهم در مواردی که حمل و نقل مواد خطرناک مورد توجه باشد به دلیل عواقب سو آن از اهمیت بالاتری برخوردار است.

۳.۲. نوع وسیله نقلیه

در حمل و نقل مواد خطرناک عمدتاً از وسایل نقلیه سنگین با نیمه سنگین (کامیون ها، تانکرها) استفاده می شود. این وسایل احتمال وقوع تصادف را بالا برده و در صورت بروز حادثه معمولاً خسارات سنگین تری را نیز به دنبال دارند.

۳. روشهای اولویت بندی نقاط حادثه خیز

اصولاً به منظور شناسایی نقاط حادثه خیز در یک مسیر ۲ روش کلی مطرح می شود:

روش واکنشی یا بر پایه تصادفات (Accident – Bused Approach)

روش پیشگیرانه یا بر پایه مشاهدات (Observation – based Approach)

این روش بر اساس ویژگیها و خصوصیات عملکردی جاده و به منظور شناسایی معضلات ایمنی جاده مورد استفاده قرار می گیرد.

در زیر روشهای مختلف شناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه خیز آورده شده :

۱.۳. روش فراوانی تصادفات : (Accident Frequency)

این روش ساده ترین روش جهت شناسایی نقاط حادثه خیز می باشد. هر تصادف در محل وقوع خودش در شبکه جاده واقع شده است، تعداد کل تصادفات گزارش شده در هر ناحیه مورد نظر با هم جمع می شوند و به هر ناحیه یک رتبه فراوانی تصادفات (Crash Frequency Ranking) نسبت داده می شود و ناحیه ای که بیشترین تعداد تصادفات را داشته باشد رتبه ۱ را احراز می کند.

در این روش پس از تعریف جمعیت آماری، برای هر جمعیت آماری، مطابق رابطه شماره ۱ تعداد تصادفات برای هر نقطه و متوسط تصادفات در جمعیت آماری محاسبه می شود [۳].

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n} \quad (1)$$

f_{rp} : متوسط تعداد تصادفات

f_j : فراوانی تصادفات متعلق به نقطه j از یک جمعیت آماری

n : تعداد نقاط حادثه خیز

مزایای روش :

این روش بسیار ساده می باشد و نواحی با فراوانی تصادفات بالا را به راحتی شناسایی می کند.

معایب روش :

نسبت به نواحی با حجم ترافیک بالا آریب آماری دارد، شدت تصادفات را به حساب نمی آورد و بطور تفکیک شده به علل حوادث اشاره نمی کند، از طرفی تأثیر حجم ترافیک و نوع وسیله نقلیه را به وضوح نشان نمی دهد.

۲.۳. روش نرخ تصادفات (Accident Rate)

این روش هم برای حجم ترافیک و هم مجموع تعداد تصادفات منظور گردیده است. نرخ تصادفات نسبتی است بین تعداد تصادفات و میزان تردد وسایل نقلیه. نرخ تصادف عمدتاً بر حسب تعداد تصادفات به ازای میلیون وسیله نقلیه کیلومتر پیموده شده برای مقاطع طولی جاده و تعداد تصادفات به ازای میلیون وسیله وارد شده به گره یا تقاطع بیان می شود. در این روش پس از تعیین دوره تحلیل موقعیت همه تصادفات گزارش شده، سپس جوامع آماری مختلف تعریف می شود.

نرخ تصادفات در هر نقطه مطابق رابطه شماره ۲ محاسبه می شود [۳].

$$R_j = \frac{F_j \times 10^6}{365.25 \times pl_j \times Q_j} \quad (2)$$

R_j : نرخ تصادفات در ناحیه j (تعداد تصادف بر میلیون وسیله نقلیه - کیلومتر)

F_j : تعداد تصادفات در ناحیه j (در طول دوره تحلیل)

P : دوره تحلیل بر حسب سال

L_j : طول مقطع ناحیه j (کیلومتر)

Q_j : متوسط سالیانه ترافیک روزانه ناحیه j (AADT)

برای تقاطع ها به جای L در رابطه فوق، واحد R (تصادف بر میلیون وسیله نقلیه) لحاظ می شود. ناحیه ای که بالاترین نرخ تصادف را دارا باشد به عنوان اولویت اول حادثه خیزی بیان می شود.

مزایای روش:

اثر حجم ترافیک را منظور کرده است، همچنین امکان شناسایی مکانهایی که تعداد تصادفات در آنها با حجم ترافیک شان تناسب ندارد را فراهم می کند. معایب روش:

نیاز به تعیین حجم ترافیک در هر نقطه دارد که خود باعث صرف هزینه می شود، اتفاقی بودن تصادفات را منظور نکرده است، شدت تصادفات و نوع وسیله نقلیه را منظور نمی کند از طرفی رابطه بین حجم ترافیک و تصادفات بطور خطی فرض شده که خود می تواند منبع خطا باشد.

۳.۳. روش هزینه از دست رفته (Value less)

این روش میزان افت پولی و هدر رفتن سرمایه ناشی از تصادفات را با وزن دادن به تصادفات در یک نقطه بر مبنای نتایج حاصل از جراحات، بررسی می کند. در این روش به تصادفات فوتی معمولاً وزن بیشتری نسبت به تصادفات با جراحات اندک و خسارتی داده می شود، بدین ترتیب شدت تصادفات را نیز در نظر می گیرد. مقدار کل ارزش از دست رفته از رابطه زیر محاسبه می شود [۴].

هزینه تلفات + هزینه جراحات سنگین + هزینه جراحات محتمل و سبک + هزینه خسارت مالی = ارزش از دست رفته

هزینه یک کشته = هزینه یک جراحات سبک $\times 100$

هزینه یک جراحات سنگین = هزینه یک جراحات سبک $\times 15$

خسارت مالی = مقدار واقعی خسارت را حساب می کند.

مزایای روش:

این روش شدت تصادفات را نیز به فراوانی تصادفات اضافه می کند، همچنین هزینه های مربوط به از دست رفتن کالا و محموله را نیز منظور کرده است. معایب روش:

بسته به نوع وزن دهی به دلیل ارزش بالای تلفات و وزن بالای آن، معیار اصلی را مسافر قرار داده است نه کالا، که در صورت تلفات انسانی پائین علی رغم سازه خیز بودن مسیر برای حمل کالا احتمال خطای انتخاب مسیر را بالا می برد.

۴.۳. روش چگالی تصادفات (Crash Density Method)

در این روش نواحی حادثه خیز توسط معیارهای چگالی نظیر تعداد تصادفات در کیلومتر، تعداد تصادفات در ناحیه و تعداد تصادفات به ازای جمعیت رتبه بندی می شوند.

این روش ارتباط نزدیکی با روش تعداد تصادفات دارد به طوری که تعداد تصادفات را به ازای هر کیلومتر برای مقاطع مختلف جاده بررسی می کند. این مقاطع به عنوان یک حداقل طول از جاده که دارای خصوصیات ثابتی می باشند با حداقل فاصله یک کیلومتر تعریف می شوند [۵]. آن دسته از نقاط که چگالی آنها بیش از حد تعیین شده باشد، با منظور کردن ملاحظات اهمیت آماری شان بعنوان نقاط حادثه خیز طبقه بندی می شوند [۵].

در این روش ابتدا چگالی تصادفات از طریق محاسبه تعداد تصادفات سالیانه به ازای هر کیلومتر محاسبه می شود. سپس چگالی بحرانی تصادفات بر اساس داده های تصادفات برای کلیه مناطق و نواحی از رابطه شماره ۳ حاصل می شود [۵].

$$D_{cr} = D_{av} + S_D \quad (3)$$

D_{cr} : چگالی بحرانی تصادفات

D_{av} : چگالی متوسط تصادفات برای همه نواحی با مشخصات یکسان

S_D : انحراف استاندارد چگالی تصادفات برای همه نواحی با مشخصات یکسان

از مزایای این روش، سادگی آن را می توان نام برد.

مهمترین معایب این روش به شرح زیر است :

حجم ترافیک را به حساب نیاورده است، برای نواحی مانند تقاطع ها قابل استفاده نیست، از طرفی این روش شدت تصادفات و نوع وسیله نقلیه را در نظر نگرفته است.

۵.۳. بازرسی ایمنی جاده

اصول این روش بر پایه بازرسی های موجود و شناخت نقاط ضعف و کاستی مسیر است. به طور معمول هزینه های بازرسی کمتر از ۰.۵٪ هزینه های کل پروژه راهسازی را شامل می شود اما بازگشت سرمایه قابل توجهی را به دنبال خواهد داشت [۳]. بازرسی ایمنی قبل یا بعد از انجام پروژه امکان پذیر است.

در این روش مسیر مربوطه مستقیماً مورد بازرسی قرار می گیرد و اطلاعات کلی درباره هر عملیات بازرسی نظیر: موقعیت مکانی، تاریخ برداشت، گروه بازرسان، نوع شبکه راه، خطرات و مشکلات و روش های اصلاحی پیشنهادی بیان می شود.

موارد مورد بازرسی مطابق با یک مقیاس موضوعی « پایین، متوسط، بالا و اضطراری» بسته به تناوب و تعداد خطرات نسبی و شدت تصادفات محتمل رتبه بندی می شود.

به این رتبه بندی های صورت گرفته اعدادی تحت عنوان وزن های ریسک (Risk weightings) اختصاص می یابد که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است [۶].

جدول ۱: وزن های ریسک که به سطوح مختلف ریسک در موارد بازرسی شده تخصیص می یابد [۶].

سطح ریسک	صفر	پایین	متوسط	بالا	اضطراری
وزن ریسک RW	۰/۱	۱	۱۰	۱۰۰	۱۰۰۰

ریسک احتمال وقوع یک تصادف می باشد که می تواند به عنوان یک نرخ به همراه تعدادی از مقادیر اندازه گیری شامل: زمان، جریان ترافیک، طول جاده و یا اثر متقابل استفاده کنندگان جاده ای بیان می شود [۷].

۱.۵.۳. اولویت بندی نواحی مورد بازرسی بر اساس احتمال وقوع تصادف

در این روش به منظور اولویت بندی، وزن هایی در مقیاس ۰ تا ۱۰ به هر یک از فاکتورهای تأثیرگذار در حوادث رانندگی اختصاص داده می شود، به طوری که فاکتورهای که احتمال بروز تصادفات را افزایش می دهند، وزن های پایین تری دارند. این وزن ها متناسب با خصوصیات نواحی و مسیر انتخابی در جهت تأمین ایمنی حمل و نقل اختصاص داده می شود. در جدول شماره ۲ چگونگی وزن دهی به عوامل شناسایی شده در فرآیند بازرسی ایمنی راه نشان داده شده است [۸].

در نهایت وزن نهایی از رابطه شماره ۴ حاصل می شود :

$$(۴) \quad ۱۰۰/۱۱۰ \times (\text{مجموع وزن های انفرادی}) = \text{وزن نهایی}$$

بنابراین آن نواحی از جاده که وزن نهایی آن‌ها بالا باشد استعداد بروز تصادف در آنها کمتر از نواحی با وزن پایین‌تر است [۸]. در جدول شماره ۳ سطح پتانسیل حادثه خیزی بر اساس وزن نهایی حاصله ناشی از بازرسی ایمنی راه، نشان داده شده است.

جدول ۲: وزن دهی به عوامل شناسایی شده در فرآیند بازرسی ایمنی راه [۸].

فاکتورهایی که بر وقوع تصادفات اثر می گذارند	نوسانات و تغییرات ممکن	وزن های اختصاص داده شده
تعداد باندها در هر جهت	۰	۲
	۱	۴
	۲	۶
	۳	۸
	۴	۱۰
تعداد تقریبی وسایل نقلیه در هر روز	کمتر یا مساوی ۱۰۰۰	۱۰
	بیشتر از ۱۰۰۰ و کمتر از ۲۵۰۰	۷
	بیشتر از ۲۵۰۰ و کمتر از ۵۰۰۰	۴
	بزرگتر از ۵۰۰۰	۱
عرض جاده	تک خطی ۳/۷۵ متر	۲
	دو خط بدون جدول کناری ۷ متر	۴
	دو خط با جدول کناری ۷/۵ متر	۶
	مسیر عبور متوسط	۸
	مسیر چند خطی	۱۰
نوع جاده	آزاد راه	۱۰
	بزرگراه	۸
	راه اصلی	۶
	راه فرعی	۴
	راه روستایی	۲
فراهم بودن امکانات زهکشی	خوب	۱۰
	رضایت بخش	۷
	ضعیف	۴
	بدون زهکشی	۱
شرایط روسازی	بتنی	۱۰
	آسفالتی WBM	۸
	آسفالتی	۶
	جاده های خاکی	۲
نوع وسایل نقلیه غالب در جاده	اتوبوس / کامیون	۴
	سواری	۶
	وسایل دوچرخ	۱۰
حضور شانه راه	بله	۱۰
	خیر	۴
حضور موانع در نزدیکی جاده	بله	۴
	خیر	۱۰
استفاده از حفاظتهای میانی جهت کانالیزه کردن تقاطع	بله	۱۰
	خیر	۴

جدول ۳: طرح اولویت بندی نقاط حادثه خیز با استفاده از وزن دهی نتایج حاصل از بازرسی ایمنی راه

وزن نهایی (%)	سطح پتانسیل حادثه خیزی
۸۰-۱۰۰	خیلی پایین
۶۰-۸۰	پایین
۴۰-۶۰	متوسط
۰-۴۰	بالا

مزایای روش بازرسی ایمنی راه :

این روش به دلیل حضور مستقیم در محل فاقد داده های پرت و غیرواقعی خواهد بود، کلیه اطلاعات مربوط به شرایط هندسی و فیزیکی مسیر به طور دقیق بیان می شود، نقش حجم ترافیک در این روش در نظر گرفته شده است، نوع وسیله غالب در مسیر که از عوامل اصلی ایجاد حادثه است منظور شده است، متناسب با خصوصیات مسیر و اهمیت موضوع می توان قالب وزن دهی را اصلاح و بهبود بخشید. از طرفی استفاده از رتبه های ساده « کم - متوسط - بالا - اضطراری » جهت اندازه گیری دقیق ایمنی مجموعه از نواحی یک محور کفایت می کند.

۴. نتیجه گیری

اکثر مدل ها و روشهای نامبرده به منظور تعیین نقاط حادثه خیز شامل نواقصی هستند که باعث شده فاکتورهای اصلی حمل و نقل مواد خطرناک را پوشش ندهند. با این وجود بازرسی ایمنی راه نسبت به سایر روشهای نامبرده به دلیل اینکه به واقعیت نزدیک تر است و عواملی نظیر نوع وسایل نقلیه، حجم ترافیک، خصوصیات هندسی مسیر وسایر فاکتور های تاثیر گذار بر ایمنی مسیر را در بر می گیرد از ارجحیت برخوردار است و می توان از آن به عنوان روشی سودمند در این زمینه استفاده شود. بدین ترتیب امکان حمل و نقل ایمن و مناسب مواد و محموله های خطرناک فراهم خواهد شد.

۵. منابع و مراجع

- [۱] راهکارهای ارتقای ایمنی حمل و نقل جاده ای ایران، کمیسیون ایمنی راه های کشور، ۱۳۸۳.
- [۲] آیتی، اسماعیل، هزینه تصادفات جاده ای ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۰.
- [3] Road Safety Manual, PIARC Technical Committee on Road Safety, World Road Association, 2003.
- [4] "Identifying Hazardous Road Location, Transportation Safety Analysis", Portland State University, USA, Spring 2003
- [5] Pawlovich, M.D., "Safety Improvement Candidate Location (SICL) Methods, Iowa Department of Transportation Highway Division, Engineering Bureau, Office of Traffic & Safety, 2002
- [6] Koorey, G., Carpenter, M., Appleton, I., "Safety Audit of Existing Roads Database". IPENZ Transportation Group Technical Conference, 2003
- [7] Crash Models for Rural Intersection: Four-Lane by Two-Lane Stop-Controlled & Two-Lane by Two-Lane Signalized. Publication No. FHWA-RD-99-128, October 1999.
- [8] Mandloi, D., Gupta, R., "Evaluation of accident Black Spots on Roads using Geographical Information System (GIS)". Map India Conference, 2003.