Archive of SID

مدلی ترکیبی جهت شناسایی عوامل مؤثر در مخاطرات حمل و نقل زمینی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز (مطالعه موردی: محور نیشابور–سبزوار)

دکتر محمدعلی بهشتی‌نیا (مسول مکاتبات)، دانشیار– مهندسی صنایع – دانشکده فنی و مهندسی – دانشگاه سمنان

هنگامه برگ‌بید، کارشناس ارشد مهندسی صنایع – دانشکده مهندسی – دانشگاه سمنان

E-mail: beheshtinia@semnan.ac.ir

دریافت: ۱۳۹٤/۱۱/۰۹ پذیرش:۱۳۹۵/۰۸/۲٤

چکیده

حمل و نقل و ارتباطات از بخش های زیربنایی در اقتصاد هرکشور و به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی برای آن کشور محسوب می‌شود. امروزه تصادفات رانندگی به یکی از جنبه‌های مخاطرات در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است. اصلاح یا حذف نقاط حادثه‌خیز که نقاط سیاه نیز نامیده می‌شوند، تأثیر بسزایی در ارتقای ایمنی، کاهش تصادفات ترافیکی، کاهش خسارات و ضایعات دارند. این مقاله سعی در ارائه روشی جهت اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز مسیرهای مختلف با درنظر گرفتن معیارهای مختلف طبیعی و محیطی تأثیرگذار بر حوادث جاده‌ای دارد. محور نیشابور- سبزوار و بالعکس به عنوان مطالعه موردی جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی در نظر گرفته شده‌است. در ابتدا معیارها با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع و نظر خبرگان، شناسایی شده و وزن هریک از معیارهای کمی و کیفی با استفاده از روش منطق دیجیتال بهبود یافته (MDL) محاسبه شده است. سپس با نظر خبرگان و با توجه به ابلاغیه‌های وزارت راه و شهرسازی، ۷ نقطه حادثه‌خیز شناسایی و اطلاعات مورد نیاز به صورت میدانی جمع آوری شده‌است. در نهایت با استفاده روش تاپسیس (TOPSIS) گروهی اولویت‌بندی نقاط مذکور انجام شده‌است. یکی از نوآوریهای این تحقیق، ارائه یک مجموعه کامل از معیارها شامل ٤ معیار اصلی و ۱۸ زیر معیار به طور همزمان در ارزیابی حادثه‌خیزی نقاط است که ٤ زیرمعیار آن نیز برای اولین‌بار در این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند. بعلاوه در این تحقیق ترکیب مدل MDL و TOPSIS گروهی به منظور اولویت بندی نقاط حادثه‌خیز استفاده شده‌است که روشی جدید در این حوزه به شمار می‌آید. نتایج نشان می دهد به ترتیب ۳ فاکتور تعداد تلفات فوتی، سرعت مجاز و تعداد تصادفات جرحی بیشترین اهمیت را دارند. همچنین از بین نقاط حادثه‌خیز نیز منطقه مسکونی زعفرانیه دارای بیشترین اولویت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مخاطرات حمل و نقل، نقاط حادثه‌خیز، تصمیم‌گیری چندمعیاره، منطق دیجیتال بهبودیافته، تاپسیس گروهی

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

مخاطرات به آن دسته از خطرهای بالفعل و بالقوه اطلاق می‌شود که ارزش‌های حیاتی یک کشور یا یک جمعیت انسانی را به خطر می‌اندازد. این خطرها می‌توانند در ابعاد مختلفی مانند تمامیت ارضی، استقلال و حاکمیت ملی، ایدئولوژی، فرهنگ و ...جلوه کنند. یکی از بزرگترین مشکلاتی که جهان امروز با آن مواجه است، تصادفات ترافیکی و تبعات ناشی از آن است.

انسان همواره در پی شناخت پدیده‌های مخاطره آمیز محیط اطراف زندگی بوده است. نخستین وضروری ترین گام در بهبود ایمنی آمدوشد راه، تعیین نقاطی از راه است که نیاز فوری به بهسازی دارند. مهندسین ترافیک و کارشناسان پلیس راه می‌دانند که معمولاً تصادفات در نقاط خاصی به وقوع می‌پیوندند که تحت عنوان نقاط سیاه[1] یا نقاط حادثه خیز نامیده می‌شوند. با توجه به کمبود بودجه برای ایمن سازی تمام محورهای حادثه خیز، اولویت‌بندی نقاط پرحادثه به هدفمندسازی اقدامات و افزایش بازدهی سرمایه گذاری کمک شایانی خواهد کرد. به همین منظور، روشهای مختلف و فراوانی ارائه شده است که البته متدولوژیهای آنها نیز مبتنی بر فرضیات خاص خود هستند. با توجه به پژوهش های گذشته، روشهای شناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه خیز به طور عمده بر اساس روشهای تک معیاره استوار بوده اند. از جمله معیارهای مستقل اولویت‌بندی موجود می‌توان به مواردی چون نرخ تصادف، تعداد - نرخ تصادف، شدت تصادف، تعداد – شدت تصادفات، فراوانی تصادف و شاخصهای جمعیتی اشاره نمود. برخی دیگر از مطالعات، ملاحظات اقتصادی نظیرنرخ بازده سال اول، ارزش خالص فعلی، نسبت منفعت به هزینه و نرخ بازده داخلی را ملاک عمل قرار داده اند [Shafabakhsh et al. 2012].

دراین مقاله، نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس با درنظر گرفتن مخاطرات طبیعی و فیزیکی تأثیرگذار بر حوادث جاده‌ای، اولویت‌بندی شده اند. بدین منظور علاوه‌بر شناسایی ۱٤ معیار موجود در ادبیات موضوع، ٤ معیار جدید نیز معرفی شده اند. سپس وزن هریک از معیارهای کمی و کیفی با استفاده از روش منطق دیجیتال بهبود یافته(MDL)[2] محاسبه شده است. در ادامه براساس ابلاغیه وزارت راه و شهرسازی، ۷ نقطه حادثه‌خیز در محور نیشابور- سبزوار شناسایی و انتخاب شد و درنهایت با استفاده از روش تاپسیس گروهی[3] که در مقاله شیه و همکاران [Shih et al. 2007] ارائه شده است، اولویت‌بندی نقاط مذکور ارائه شده است. هدف از ارائه این مدل، کسب راهکاری برای انتخاب حادثه‌خیز ترین نقطه در محور مورد مطالعه و همچنین اولویت بندی سایر نقاط حادثه خیز در این محور می‌باشد. سوال اصلی این تحقیق عبارتست از:

- رتبه بندی نقاط حادثه خیز به چه صورتی است؟

سوالات فرعی این تحقیق نیز عبارتند از:

- معیارهای اصلی در ارزیابی و انتخاب نقاط حادثه‌خیز چه هستند؟
- در حوزه هر یک از این معیارهای اصلی، چه زیرمعیارهایی مطرح هستند؟
- اهمیت هریک از معیارها و زیرمعیارها در حادثه خیزی نقاط در محور مورد مطالعه چه مقدار است؟

نوآوری‌های این مقاله به شرح زیر هستند:

- ترکیب مدل MDL و TOPSIS گروهی به منظور اولویت بندی نقاط حادثه خیز
- بررسی ٤ معیار اصلی و ۱۸ زیر معیار مؤثر در حادثه خیزی نقاط، به طور همزمان
- معرفی ٤معیار جدید علاوه بر معیارهای مطرح شده در مرور ادبیات که عبارتنداز: ۱-وضعیت شیب شیروانی جاده ۲-وضعیت جوی محور ۳-وضعیت راه‌های دسترسی و دوربرگردان‌ها ٤-کفایت پارکینگ‌ها و مجتمع‌های رفاهی
- اولویت بندی نقاط حادثه خیر در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس (مطالعه موردی)

در ادامه در بخش ۲ مرور ادبیات اولویت‌بندی نقاط حادثه خیز ارائه می‌گردد. در بخش ۳ روش انجام این تحقیق ارائه می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

در بخش ٤ روش‌های MDL و TOPSIS گروهی تشـــریح شـده و مدل ترکیبی ارائه می‌گردد. در بخش ٥ به بررسی نتایج محاسـباتی بدسـت آمده از حل این مدل پرداخته می‌شود و در بخش آخر نیز نتیجه‌گیری و زمینه تحقیقات آتی ارائه می‌گردد.

٢. مرور ادبیات

در این بخش به بررســی ادبیات موضــوع اولویت‌بندی نقاط حادثه خیز پرداخته می‌شود.

کـارولین گرتس و همکـاران [Geurts et al. 2006] بـا اختصــاص دادن وزن برای ٣ نوع از آســیب های کم، جدی و کشنده تصادفات در طی یک دوره ٣ ساله، به انتخاب مکان‌های حادثه‌خیز پرداخته و با تجزیه و تحلیل حساسیت شدت ضربه، به رتبه بندی فعلی مکان‌های حادثه خیز پرداخته اند. رشــما و شـیخ آمارشریف [Reshma and Sharif, 2012] با استفاده از یک سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی (GIS) [٤] برخی از نقاط حادثه خیز در جنوب بنگلور کارناتاکا را شناسایی کرده و سپس توسـط نرم افزار ArcGIS 10 آن نقاط را اولویت‌بندی کرده اند. آنها در انتها برای مشخص کردن نقاط مذکور برروی زمین، جاده را به یک نقشـه دیجیتالی تبدیل کرده و سـپس با اسـتفاده ازGPS [٥] مقـادیر طول و عرض جغرافیـایی نقـاط مـذکور را برروی زمین پیدا کرده اند، بدین صـــورت مکان جغرافیایی آن نقاط برروی زمین مشـخص شـده اسـت. پیتر پارک و جاسون یانگ [Park and Young, 2012] طرح ایمنی اسـتراتژیک بزرگراه(SHSP)[٦] و برنـامـه اقـدام ایمنی ترافیـک ٥٣ حوزه قضـایی در آمریکای شـمالی را مورد بررسـی قرار داده و برای واضـح شـدن و روشـن ساختن انتخاب و اولویت بندی مناطق بااهمیت، از آزمون بتا دو جمله‌ای اســتفاده کرده اند. کارولین گرتس و همکاران [Geurts et al. 2004] با اختصاص دادن ٣ ترکیب وزنی مختلف برای شـدت آسـیب، به بررسـی تأثیر انتخاب وزن مناسـب بر روی شناسایی، رتبه بندی نقاط سیاه و همچنین اقـدامات ایمنی ترافیک پرداخته اند. آلفونســو مونتلا [Montella, 2010] ضـمن تأکید بر اهمیت شـناسـایی نقاط سـیاه و تأثیر آن بر بهبود ایمنی، با در نظر گرفتن ٤ معیار، هفت روش HSID [٧] را مورد بررسی و مقایسه قرار داده است که این هفت روش عبارتنداز ١- فرکانس تصادفات ٢- برابری احتمال صدمه در فرکانس تصادفات ٣- نرخ تصادفات ٤- روش نسبت ٥- برآورد بیز تجربی برای فرکانس کل تصـــادفات ٦- برآورد بیز تجربی برای فرکانس شـــدت تصـــادفات ٧- توانایی بهبود بخشـیدن. علی‌اصـغر صـادقی و همکاران [Sadeghi et al. 2013] نقـاط حادثه خیز جاده دوطرفه به طول ١٤٤,٤ کیلومتر در جاده های مشـهد-کلات و مشـهد-فریمان را مورد بررسـی قرار دادند. غلامعلی شـــفابخش و همکاران [Shafabakhsh et al. 2010] از ابزار قدرتمند شـبکه‌های عصـبی مصـنوعی چنـد لایـه پیش خوراند برای پیش بینی اولویت‌بندی اصـــلاح نقاط حادثه خیز محورهای اسـتان مازندران، اسـتفاده کرده اند. مســـاعیـد و همکـاران [Al-Masaeid, 1997] بـا تأکید بر اهمیت تأمین روشنایی به خصوص برای معابر مه‌گیر، به منظور ارتقای ایمنی به این نکته اشـاره داشـته‌اند که در صـورت عدم تأمین نور کافی ، سـوانح ناگواری ناشـی از محدودیت دید رخ خواهـد داد. ران الویک [Elvik, 2008] نیز با اســتفاده از ٥ روش، بـه شـــناســـایی مکان‌های حادثه‌خیز جاده ای در نروژ پرداخته است که این ٥ روش عبارتند از ١- ثبت تعداد حوادث در طول یک دوره خاص ٢- مشـاهده نرخ تصـادفات (حوادث به ازای هر میلیون کیلومتر خودرو) در طول یک دوره خاص ٣- ترکیب تعداد حوادث و نرخ تصـادفات بالاتر از نرمال در طول یک دوره خاص ٤- اسـتفاده از روش بیز تجربی[٨]جهت برآورد تعـداد مورد انتظار از حوادث در هر مکان ٥- تعیین اندازه سـهم هریک از عوامل خطر. هوچان‌واک و سنگیونگ‌خو [Kwak and Kho, 2016] زمان حقیقی مدلهای پیش‌بینی خطر تصـــادفـات را برای بخشـــهای مختلف و همچنین برای چگونگی جریان ترافیک در بزرگراه‌ها توسعه داده‌اند. آنها برای پیش‌بینی خطر تصـادفات، به بررسـی اثر و استفاده از شناساگر ایستگاه‌ها در فواصل نامنظم پرداخته اند. نتایج آنها نشان دهنده این اسـت که ویژگی‌های جریان ترافیک که منجربه تصـادفات می‌شـــونـد، بـا توجه به بخش‌های مختلف و چگونگی جریان ترافیـک بـا یکـدیگر تفاوت دارند. گوآنگنان ژانگ و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

[Zhang et al. 2016] بـه تجزیـه‌وتحلیل داده‌های مربوط تصـــادفـات ترافیکی در ســـالهـای ۲۰۰۶-۲۰۱۰ در اســـتان گوانگـدونگ، چین پرداخته و با اســـتفاده از مدل رگرســـیون لجسـتیک، تأثیرعواملی نظیر انسـان، نوع وسـایل نقلیه، شـرایط جاده، و عوامل محیطی را در بروز خسـتگی رانندگان و شـدت تصـــادف ناشـــی از آن مورد بررســـی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشـــان‌دهنده این مطلب اســـت که عواملی مانند رانندگان کم تجربه، وضـعیت خودرو نا امن، جاده های لغزنده، رانندگی در شـب با خیابان های دارای روشـنایی و تعطیلات آخر هفته اثر قابل توجهی در تصادفات مربوط به خستگی ندارند، اما حوادث مرتبط با این عوامل به احتمال زیاد باعث بیشـتر شـدن شـدت تصادفات خواهد شد. کنتوریوتیس و مرات [Kountouriotis and Merat, 2016]به بررســی تأثیرعوامل بصــری و غیر بصـری بر حواس پرتی راننده پرداخته واین موضوع را با توجه به وضعیت هندسی راه و وجود یا عدم وجود سایر وسایل نقلیه در اطراف راننده مورد تحلیل و بررســی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشـان‌دهنده این مطلب اسـت که حواس پرتی راننده بر عواملی مانند سـرعت، دقت و کنترل رانندگی وی به شـدت تأثیرگذار اســـت. چریســـتوفر واتلینگ و همکاران [Watling et al. 2015] خواب‌آلودگی را یکی از عوامل مهم تصادفات جاده‌ای برشـمرده و به بررسـی نشـانه‌های راننده خواب آلوده، استفاده ازاقـدامـات متقابل خواب آلودگی وتلفیق رفتار راننده خواب آلوده باعوامل فردی پرداخته‌اند. آنها نمونه‌ای از ۱۵۱۸راننده در اسـترالیا را مورد برسی قرار داده و علائمی مثل خمیازه کشیدن، تغییر موقعیت مداوم بدن و پلک زدن مکرر را از علائم خواب آلودگی راننده برشمرده‌اند. همچنین، استراحت در پارکینگ‌های کنـار جـاده را بـه عنوان یکی از اقدامات متقابل خواب‌آلودگی محســـوب کرده که با تجربه افراد، ســـن، تحصـــیلات و میزان حرفه‌ای بودن راننده در ارتباط اســـت و نقش مهمی در کاهش خسـتگی راننده و همچنین کاهش تصـادفات جاده‌ای داراست. در مقـالـه مـا معیـار کفـایـت پـارکینگ‌ها و مجتمع‌های رفاهی برگرفتـه از این تحقیق اســـت. ســـینا صـــاحبی و همکاران [Sahebi et al. 2015] با ارائه مدل لوجیت دوتایی به پیش بینی و ارزیابی عوامل موثر بر شـدت تصادفات عابران پیاده در راه‌های برون‌شـهری استان تهران، طی سا لهای ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۰ پرداختـه انـد. متغیرهای بررســـی شـــده در این مدل شـــامل مشـخصـات راننده، زمان وقوع تصـادف، وسیله نقلیه درگیر در تصـادف، مقصر بودن عابر پیاده، فاصله از نزدیک ترین پاسگاه، علت تامه ثبت شده در صحنه تصادف و تعداد وسایل درگیر در تصـادف بوده و ماتریس بی‌نظمی مدل پیشنهادی آنها نشان داده اسـت که مدل ارائه شـده، از قابلیت مناسـبی در تخمین شدت تصـادفات برخوردار اسـت. مدل سـاخته شـده، ۱۰۰ درصـد تصـادفات جرحی، ٦ درصـد تصـادفات فوتی و ٦٥ درصد کل تصـــادفـات را به درســـتی پیش‌بینی کرده اســـت. امین‌میرزا بروجردیان و همکاران [Borujerdian et al. 2015] پس از قطعه‌بندی راه و تخصـیص تصـادفات به هر قطعه، با تشـکیل ماتریس وزن جهت محاسبه وابستگی فضایی قطعات به یکدیگر به بررسـی عملکرد سـه مدل اتورگرسیو فضایی معمولی، تأخیر فضـایی و خطای فضایی پرداخته اند. آنها همچنین به پیش‌بینی نرخ تصادفات در قطعات راه پرداخته و با مقایسه نرخ تصادفات واقعی و پیش‌بینی شـده و اسـتفاده از ملاکی برای تشـخیص، بهترین پیش‌بینی کننده را انتخاب نموده‌اند. نتایج تحقیق آنها در رتبه بندی راه، اولویت بندی تخصـــیص بودجه، ایمن ســـازی قطعات تصادف‌خیز و تهیه نقشه پراکندگی احتمال تصادفات در قطعات راه نیز کاربرد دارد. نتایج مرور ادبیات نشـان می‌دهد به جز مساعید و همکاران و همچنین واتلینگ و همکاران که فقط عامل انسـان را در تصـادفات مورد بررسـی قرار داده‌اند، سـایر محققان در این پژوهش ترکیبی از ۳ عامل راه، انسـان و وسـیله نقلیه را مورد بررسی قرار داده و هر یک از تحقیقات از معیارها و روشـــهای متعدد برای اولویت بندی نقاط حادثه‌خیز اسـتفاده نموده‌اند. بنابراین تحقیقی که معیارهای جامعی را در شـناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه‌خیز در نظر گرفته باشـد، در ادبیات موضـوع یافت نشد. دراین مقاله با در نظر گرفتن ٤ معیار اصلی و ۱۸ زیرمعیار مؤثر بر تصادفات به اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس پرداخته می‌شود. همچنین از یـک روش ترکیبی جـدیـد که از تلفیق دو روش MDL و

www.SID.ir

Archive of SID

TOPSIS گروهی استفاده می‌کند، جهت اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز در این محور استفاده می‌شود.

۳. روش تحقیق

همانطور که اشاره شد این مقاله، نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس را با درنظر گرفتن مخاطرات طبیعی و فیزیکی تأثیرگذار بر حوادث جاده‌ای اولویت‌بندی می‌کند. بدین منظور گام‌های زیر صورت پذیرفت:

گام یک: ٤ معیار اصلی ۱۸ زیر معیار شناسایی شد که ١٤ زیر معیار از ادبیات موضوع استخراج و ٤ زیر معیار نیز براساس مصاحبه عمقی با خبرگان شناسایی شده‌اند.

گام دو: برای تعیین وزن معیارها، یک پرسشنامه مبتنی بر روش MDL بین متخصصان و صاحب‌نظران مقوله ایمنی راهها توزیع گردید و با استفاده از این روش اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها شناسایی شد. هر پرسشنامه شامل ۵ ماتریس مقایسه زوجی (یک ماتریس برای معیارهای اصلی و چهار ماتریس برای زیر معیارها) می‌شود.

گام سه: با مراجعه به اداره راه و شهرسازی استان خراسان رضوی، آمار تصادفات محور مورد مطالعه در سال‌های ۹۱، ۹۲ و ۹۳ دریافت و ۷ نقطه طبق معیارهای حادثه خیزی با توجه به ابلاغیه وزارت راه و شهرسازی شناسایی شد.

گام چهار: یک پرسشنامه دیگر مبتنی بر روش TOPSIS گروهی معرفی شده توسط شیه و همکاران [Shih et al. 2007] به منظور تعیین امتیازات هر یک از نقاط حادثه‌خیز در هر یک از معیارها استفاده شد.

گام پنج: در نهایت نیز استفاده از وزنهای به دست آمده از روش MDL با استفاده از روش TOPSIS گروهی به اولویت‌بندی نقاط حادثه خیز پرداخته شد.

هر دو پرسشنامه مورد استفاده، توسط ۱۱ فرد خبره تکمیل شدند که مشخصات پرسش‌شوندگان به شرح جدول ۱ می‌باشد.

٤. مطالعه موردی

همانگونه که اشاره گردید دراین مقاله، نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس با درنظر گرفتن مخاطرات طبیعی و محیطی تأثیرگذار بر حوادث جاده‌ای اولویت‌بندی شده‌است. بدین منظور گام‌های روش تحقیق به صورت زیر صورت پذیرفت:

جدول ۱. مشخصات پرسش‌شوندگان

ردیف	تحصیلات	سمت	میزان سابقه کار در اداره یا پلیس‌راه(سال)	سطح آشنایی با مفاهیم اولویت بندی نقاط حادثه خیز
۱	لیسانس	کارشناس ایمنی راه‌ها	۲۳	بالا
۲	فوق لیسانس	کارشناس تحلیل تصادفات	٦	خوب
۳	فوق لیسانس	رئیس اداره نگهداری راه و ابنیه فنی	۲۰	بالا
٤	فوق لیسانس	معاون نگهداری راه و ابنیه	۱۵	خوب
۵	فوق لیسانس	کارشناس ایمنی راه‌ها	۲۰	خوب
٦	دکترا	کارشناس مطالعات	۲	بالا
۷	لیسانس	کارشناس اداره نگهداری راه و ابنیه	۲۲	بالا
۸	لیسانس	مرکز مدیریت راه‌ها	۱۳	خوب
۹	لیسانس	مدیر مرکز مدیریت راه‌ها	۹	خوب
۱۰	لیسانس	سرهنگ راهور ناجا	۲۵	بالا
۱۱	لیسانس	سرهنگ راهور ناجا	۲۳	بالا

www.SID.ir

Archive of SID

٤-١ تعیین معیارها

همانگونه که اشاره گردید براساس مصاحبه عمیق با خبرگان، ٤ معیار اصلی ١٨ زیر معیار شناسایی شد که ١٤ زیر معیار از ادبیات موضوع استخراج و ٤ زیر معیار نیز با نظر نخبگان شناسایی شده‌اند. این معیارها در جدول ١ قابل مشاهده است. معیارهای جدید معرفی شده در این تحقیق عبارتند از:

١-وضعیت شیب شیروانی جاده: مناسب نبودن وضعیت شیب شیروانی، باعث ساکن ماندن آب ناشی از بارش برف و باران در زمستان و یخ زدگی جاده شده و منجر به بروز تصادفات می‌شوند.

٢-وضعیت جوی محور: وجود بارندگی‌های فراوان، برف و یخبندان و وجود مه در جاده نیز شرایط رانندگی را دشوار ساخته و باعث بروز تصادف می‌شود.

٣-وضعیت راه‌های دسترسی و دوربرگردان‌ها: نامناسب بودن وضعیت دوربرگردان‌ها و راه‌های دسترسی در جاده می‌تواند باعث کاهش ایمنی جاده به وجود آوردن حوادث جبران ناپذیری شود.

٤-کفایت پارکینگ‌ها و مجتمع‌های رفاهی: عدم کفایت تعداد پارکینگ‌ها، فاصله نامناسب میان پارکینگ‌ها و همچنین فاصله نامناسب میان مجتمع‌های رفاهی از یکدیگر نیز می‌تواند نقش بسزایی در خستگی و خواب‌آلودگی رانندگان ایجاد کرده و باعث بروز حادثه گردد.

٤-٢ تعیین وزن معیارها

پس از تعیین معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی، به منظور تعیین وزن معیارها، پرسشنامه‌های ذکر شده بین خبرگان توزیع گردید و با استفاده از روش MDL وزن‌دهی شد.

٤-٢-١ تبیین روش MDL

روش MDL یکی از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره است که از ماتریس مقایسات زوجی جهت مقایسه معیارها و تعیین اهمیت هر یک از آنها استفاده می‌کند [Dehghan-Manshadi et al. 2007]. در این روش از سه مقدار برای مقایسه وضعیت عناصر نسبت به یکدیگر استفاده می‌شود. به این صورت که برای عنصر با اهمیت کمتر عدد (١) و عنصر با اهمیت بیشتر عدد (٣) را در نظر گرفته می‌شود. برای عناصر با اهمیت برابر نیز عدد (٢) در نظر گرفته می‌شود. پس از آنکه همه مقایسه‌های دو به دو انجام شد، وزن نهایی هر یک از عناصر از رابطه (١) قابل محاسبه است. که در این رابطه n تعداد معیارها و W_j وزن معیار j است. همچنین اگر دو معیار k و j به یک اندازه مهم باشند، آنگاه: $C_{kj} = C_{jk} = 2$ ، در غیر اینصورت اگر معیار k از معیارj مهم‌تر باشد آنگاه: $C_{jk} = 1$ و $C_{kj} = 3$ و اگر معیار j از معیارk مهم‌تر باشد، آنگاه: $C_{jk} = 3$ و $C_{kj} = 1$.

$$W_j = \frac{\sum_{k=1}^{n} C_{jk}}{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} C_{jk}} \quad ,j \; and \; k = \{1,2,\dots,n\} \; and \; j \neq k \qquad (١)$$

٤-٢-٢ تعیین وزنهای نهایی

پس از پر شدن ماتریهای مقایسات زوجی توسط خبرگان، میانگین وزن معیارهای اصلی بین همه پرسشنامه ها محاسبه و نتایج آن در ستون دوم جدول ٢ ارائه شده است. سپس وزن نرمال شده هریک از زیرمعیارها نیز محاسبه و در ستون ششم جدول ٢ مشخص شده است. وزن نهایی هر زیر معیار از حاصل ضرب وزن هر معیار اصلی در وزن محاسبه شده برای هر زیرمعیار به دست می‌آید. این رویکرد در مقاله زنگنه و همکاران [Zangeneh et al. 2009] نیز استفاده شده است، با این تفاوت که آنها از روشAHP [٩]رای تعیین اوزان استفاده نموده‌اند.

در انتها برای تعیین وزن نرمال شده نهایی هریک از زیرمعیارها با توجه به اینکه هر زیرمعیار، مربوط به کدام معیار اصلی می‌باشد، در وزن آن معیار ضرب می‌شود که نتایج در ستون آخر جدول ٢ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲. معیارها و زیرمعیارها و وزن نرمال شده نهایی هریک از آنها

شرح معیار اصلی	وزن معیاراصلی	زیر معیار	شرح زیرمعیار	منبع	وزن نرمال شده زیرمعیارها	وزن نرمال شده نهایی زیرمعیارها
وضعیت هندسی راه (C_1)	۰,۲٤۱	C۱,۱	وضعیت قوس جاده	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۲٤٤	۰,۰۵۹
		C۱,۲	وضعیت شیب شیروانی	[خبرگان]	۰,۲۲۲	۰,۰۵٤
		C۱,۳	وضعیت دید جاده	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۲۱٤	۰,۰۵۱٦
		C۱,٤	عرض جاده	Reshma and Sharif, 2012	۰,۱۷۵	۰,۰٤۲
		C۱,۵	روسازی	Sadeghi et al. 2013	۰,۱٤٤	۰,۰۳۵
وضعیت ترافیکی (C_2)	۰,۲۱۷	C۲,۱	تعداد خودروهای عبوری	Reshma and Sharif, 2012	۰,۳۳۳	۰,۰۷۲
		C۲,۲	ترکیب ترافیک(سبک و سنگین)	Reshma and Sharif, 2012	۰,۲٤۱	۰,۰۵۲۳
		C۲,۳	سرعت مجاز	Sadeghi et al. 2013	۰,٤۲٦	۰,۰۹۲
شدت تصادفات (C_3)	۰,۲٦٤	C۳,۱	تعداد تلفات فوتی	Geurts et al. 2004	۰,۵	۰,۱۳۲
		C۳,۲	تعداد مجروحین تصادف	Geurts et al. 2004	۰,۳۳۳	۰,۰۸۸
		C۳,۳	تعداد تصادفات خسارتی	Geurts et al. 2004	۰,۱٦۷	۰,۰٤٤
وضعیت ایمنی جاده (C_4)	۰,۲۷۸	C٤,۱	کفایت علائم *افقی و عمودی*	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۱۵۱	۰,۰٤۲
		C٤,۲	وضعیت جوی محور	[خبرگان]	۰,۱۲۲	۰,۰۳٤
		C٤,۳	وضعیت راه‌های دسترسی و دوربرگردان	[خبرگان]	۰,۱۲۸	۰,۰۳٦
		C٤,٤	کفایت پارکینگ و مجتمع رفاهی	[خبرگان]	۰,۱۵۹	۰,۰٤٤
		C٤,۵	قرار گرفتن در نقاط خاص(تو.نل، پل، گردنه، نقاط مه گیر، طوفان‌های شن و...)	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۱٤۸	۰,۰٤۱
		C٤,٦	وضعیت روشنایی(طبیعی)	Al-Masaeid, 1997	۰,۱۲٤	۰,۰۳٤
		C٤,۷	وضعیت روشنایی(مصنوعی)	Al-Masaeid, 1997	۰,۱٦۲	۰,۰٤۵

٤-۳ تعیین نقاط حادثه خیز

با مراجعه به اداره راه و شهرسازی استان خراسان رضوی، آمار تصادفات محور مورد مطالعه در سال‌های۹۱، ۹۲ و۹۳ دریافت و پس از مصاحبه عمیق، پرسش از خبرگان و همچنین ابلاغیه‌های وزارت راه و شهرسازی استان خراسان رضوی در خصوص نقاط حادثه‌خیز، ۷ نقطه حادثه‌خیز مطابق با جدول ۳ شناسایی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. مشخصات نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس

گزینه	نام محور	نام نقطه/مقطع	فاصله از مبدا محور(Km)
A_1	نیشابور- سبزوار	بعداز دوربرگردان نوآباد	۳۵
A_2	نیشابور- سبزوار	روستای رحیم آباد	۵
A_3	نیشابور- سبزوار	کارخانه پنبه پاک کنی	۱۵
A_4	نیشابور- سبزوار	پل کال شور	۲۰
A_5	سبزوار- نیشابور	تقاطع	٤۵
A_6	سبزوار- نیشابور	منطقه مسکونی رباط	۱۷
A_7	سبزوار- نیشابور	منطقه مسکونی زعفرانیه	۳۵

٤-٤ تشکیل ماتریس تصمیم

در این مقاله برای ارزیابی گزینه‌ها، از روش TOPSIS گروهی ارائه شده توسط شیه و همکاران [Shih et al. 2007] استفاده شده است. در این روش یک ماتریس n×m به نام D تشکیل می‌شود که در آن مجموعه‌ای از m گزینه، توسط n شاخص ارزیابی می‌شوند . ماتریس تصمیم(D)[10] توسط رابطه (۲) مدلسازی شده است.

$$D = [r_{ij}]_{m*n} = \begin{matrix} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{matrix} C_1 & \dots & C_n \\ \end{matrix} \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

همچنین وزن هر معیار به عنوان ورودی باید دریافت شود که این وزن‌ها با برداری به نام w شناخته می شوند.

در این روابط $A_1,A_2,\dots,A_m$ گزینه های ممکن (نقاط حادثه خیز) ، $C_1,C_2,\dots,C_n$ معیارهایی هستند که به‌منظور ارزیابی گزینه‌ها در نظر گرفته شده‌اند و $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$. r_{ij} امتیاز گزینه A_i از منظر معیار C_j و W_j وزن معیار C_j می‌باشد که توسط روش MDL اصلاح شده به دست آمده است. در این مقاله برای تعیین امتیاز گزینه‌ها در معیارهای کیفی از عبارات کلامی[11] یا علایم اختصاری در جدول٤ استفاده شده است.

جدول ۵ ماتریس تصمیم‌گیری یکپارچه برای مسأله مورد بررسی که توسط یکی از افراد خبره بدست آمده است را نشان می‌دهد. در این جدول همچنین وزن هر معیار و نوع آن از منظر min (منفی) یا max (مثبت) بودن نشان داده شده است.

جدول٤. تبدیل متغیرهای کیفی به کمی

عدد کمی برای معیارهای منفی	عدد کمی برای معیارهای مثبت	عبارت کیفی	علامت اختصاری
۱	۹	خیلی ضعیف	VP
۳	۷	ضعیف	P
۵	۵	معمولی	M
۷	۳	خوب	G
۹	۱	خیلی خوب	VG

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵. ماتریس تصمیم‌گیری یکپارچه

نوع معیار	−	−	+	+	+	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	−	+	+
W	۰/۰۵۹	۰/۰۵٤	۰/۰۵۲	۰/۰٤۲	۰/۰۳۵	۰/۰۷۲	۰/۰۵۲	۰/۰۹۲	۰/۱۳۲	۰/۰۸۸	۰/۰٤٤	۰/۰٤۲	۰,۰۳٤	۰,۰۳٦	۰/۰٤٤	۰/۰٤۱	۰/۰۳٤	۰/۰٤۵
معیار / نقاط	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$	$C_{1,5}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	$C_{4,3}$	$C_{4,4}$	$C_{4,5}$	$C_{4,6}$	$C_{4,7}$
A_1	۱	۹	۹	۷	۹	٤۲٤٤٤٤	۰/۳٤	۱۱۰	۰	٦	۰	۵	۷	۷	۱	۱	۹	۱
A_2	۳	۹	۷	۷	۹	٤۲٤٤٤٤	۰/۳٤	۸۰	۱	۳	۰	۳	۷	۳	۱	۱	۹	۱
A_3	۱	۹	۷	۷	۹	٤۲٤٤٤٤	۰/۳٤	۱۱۰	۰	۳	۰	۵	۷	۳	۱	۱	۹	۱
A_4	۹	۹	۳	۷	۵	٤۲٤٤٤٤	۰/۳٤	۱۱۰	۰	۲	۰	۱	۷	۷	۱	۷	۹	۱
A_5	۱	۹	۵	۷	۷	٤۸۱۷۵۵	۰/۳۲	۹۰	۰	۳	۰	۳	۷	۳	۱	۱	۹	۱
A_6	۱	۹	۳	۷	۵	٤۸۱۷۵۵	۰/۳۲	۸۵	۰	۷	۰	۳	۷	۷	۱	۱	۹	۱
A_7	۱	۹	۵	۷	۵	٤۸۱۷۵۵	۰/۳۲	۸۵	۲	۳	۰	۳	۷	۳	۱	۱	۹	۱

جدول٦. ماتریس بی‌مقیاس‌شده موزون

نوع معیار	−	−	+	+	+	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	+	+
معیار / نقاط	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$	$C_{1,5}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	$C_{4,3}$	$C_{4,4}$	$C_{4,5}$	$C_{4,6}$	$C_{4,7}$
A_1	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱٦	۰/۰۲٦	۰/۰۲۰	۰/۰٤	۰	۰/۰٤۷	۰	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
A_2	۰/۰۱۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱٦	۰/۰۲٦	۰/۰۲۰	۰/۰۲۹	۰/۰٦	۰/۰۲٤	۰	۰/۰۱٤	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
A_3	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱٦	۰/۰۲٦	۰/۰۲۰	۰/۰٤	۰	۰/۰۲٤	۰	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
A_4	۰/۰۵٤	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲٦	۰/۰۲۰	۰/۰٤	۰	۰/۰۱٦	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰٤	۰/۰۱	۰/۰۲
A_5	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰,۰۱۳	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰	۰/۰۲٤	۰	۰/۰۱٤	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
A_6	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰,۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰	۰/۰۵۵	۰	۰/۰۱٤	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
A_7	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۱۲	۰/۰۲٤	۰	۰/۰۱٤	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
PIS	۰/۰۰٦	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱٦	۰/۰۲٦	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹	۰	۰/۰۱٦	۰	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
NIS	۰/۰۵٤	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۰	۰/٤	۰/۱۲	۰/۰۵۵	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰٤	۰/۰۱	۰/۰۲

در گام بعد، وزنهای به دست آمده از روش MDL در عناصر ماتریس نرمالایز شده ضرب می‌شوند (طبق رابطه ٤) و ماتریس بی‌مقیاس شده موزون [۱۳]محاسبه و جدول ٦ تشکیل شده است.

$$V = N_D \times W_{n\times m}$$

$$V = \begin{bmatrix} V11 & \dots & V1j & \dots & V1n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Vm1 & \dots & Vmj & \dots & Vmn \end{bmatrix} \quad (٤)$$

به منظور اولویت‌بندی نقاط حادثه خیز، شاخص نزدیکی برای هر یک از گزینه‌ها با کمک جواب ایده‌آل مثبت (PIS)[۱٤] و جواب ایده‌آل منفی (NIS)[۱۵]محاسبه شده است. به این منظور ابتدا به کمک روابط (۵) و (٦)، به ترتیب جواب ایده آل مثبت و جواب ایده آل منفی محاسبه شده است که در جدول ٦ مقادیر آن مشخص شده است. در این معادلات v_{ij} عناصر ماتریس موزون، J_1 عبارت از مجموعه معیارهای از نوع مثبت و J_2 مجموعه معیارهای از نوع منفی هستند. بعبارت دیگر برای معیارهای از نوع منفی برای محاسبه جواب ایده‌آل مثبت و جواب ایده‌آل منفی به ترتیب مقادیر کمینه و بیشینه و برای معیارهای از نوع مثبت، برای محاسبه جواب ایده‌آل مثبت و

www.SID.ir

Archive of SID

جواب ایده‌آل منفی به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه در نظر گرفته می‌شوند.

$$PIS = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} = \{(\max v_{ij} | j \in J_1), (min\ v_{ij} | j \in J_2), i = 1, \dots, m\} \quad (۵)$$

$$PIS = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min v_{ij} | j \in J_1), (max\ v_{ij} | j \in J_2), i = 1, \dots, m\} \quad (۶)$$

در گام بعدی، برای محاسبه فاصله گزینه i ام با گزینه ایده‌آل مثبت(S_i^+) و گزینه ایده‌آل منفی(S_i^-) از روش اقلیدسی (روابط ۷ و ۸) استفاده شده است.

$$S_i^+ = \sqrt{\left\{\sum_{j=1}^n \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2\right\}}; i = 1,2, \dots, n \quad (۷)$$

$$S_i^- = \sqrt{\left\{\sum_{j=1}^n \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2\right\}}; i = 1,2, \dots, n \quad (۸)$$

در مرحله آخر، نزدیکی نسبی[۱۶] گزینه i ام با راه حل ایده آل، از تقسیم فاصله آن گزینه از گزینه ایده‌آل منفی بر مجموع فواصل آن گزینه از گزینه ایده‌آل منفی و گزینه ایده‌آل مثبت حاصل می‌شود که معادله (۹) بیانگر این مطلب است.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}; 0 \le C_i^* \le 1; \quad i = 1,2, \dots, n \quad (۹)$$

گزینه ای که شاخص C_i^* آن بیشتر باشد، بهترین گزینه است. یعنی گزینه ایست که بیشترین نزدیکی را با جواب ایده‌آل دارد. از رو بر اساس این شاخص، رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام می‌شود.

در روش TOPSIS پیشنهادی توسط شیه و همکاران [Shih et al. 2007]، با توجه به نظر هر تصمیم‌گیرنده از گروه تصمیم‌گیرندگان (k=1,2,…,K) یک ماتریس تصمیم گیری تشکیل شده و فواصل هر گزینه از گزینه ایده آل مثبت و گزینه ایده آل منفی به ازای هر یک از ماتریس‌های تصمیم‌گیری ناشی از نظر تصمیم‌گیرندگان محاسبه می‌شود. میانگین هندسی این فواصل، تعیین‌کننده مقدار نهایی فواصل از گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی برای هر گزینه است. معادله‌های ۱۰ و۱۱ بیانگر میانگین هندسی فواصل از گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی است که مقادیر آن در جدول ۷ مشخص شده است.

$$\overline{S_i^+} = \left(\prod_{k=1}^k S_i^+\right)^{1/K}; i = 1,2, \dots, n \quad (۱۰)$$

$$\overline{S_i^-} = \left(\prod_{k=1}^k S_i^-\right)^{1/K}; i = 1,2, \dots, n \quad (۱۱)$$

سپس با محاسبه شاخص نزدیکی نسبی برای هرگزینه، بر اساس معادله (۱۲) امکان رتبه‌بندی گزینه‌ها (نقاط حادثه خیز) محقق می‌شود که مقادیر شاخص برای هر گزینه، در جدول نیز ۷ مشخص شده است.

$$\overline{C_i^*} = \frac{\overline{S_i^-}}{(\overline{S_i^+} + \overline{S_i^-})}; 0 \le \overline{C_i^*} \le 1; \quad i = 1,2, \dots, n \quad (۱۲)$$

گزینه‌ای که بیشترین شاخص نزدیکی نسبی($\overline{C_i^*}$) را دارد، بهترین گزینه است. یعنی نقطه‌ایست که نسبت به سایر نقاط، حادثه‌خیزی کمتری دارد و در اولویت آخر برای اصلاح نیز قرار دارد. رتبه بندی نقاط در جدول۷ قابل مشاهده است.

جدول۷. اولویت بندی نهایی

نقاط حادثه خیز	$\overline{S_i^+}$	$\overline{S_i^-}$	$\overline{C_i^*}$	اولویت بندی
بعداز دوربرگردان نوآباد	۰,۰۳۷	۰,۱۲۶۳	۰,۷۷۳٤	٥
روستای رحیم آباد	۰,۰٦۲۳	۰,۰۷۸	۰,٥٥٦	۲
کارخانه پنبه پاک کنی	۰,۰۱۷۷	۰,۱۳۰۳	۰,۸۸۰٤	۷
پل کال شور	۰,۰٤۳٦	۰,۱۲٥	۰,۷٤۱٤	٤
تقاطع	۰,۰۲۱۷	۰,۱۲۹	۰,۸٥٦	٦
منطقه مسکونی رباط سرپوش	۰,۰٤٦۱	۰,۱۲٤۹	۰,۷۳۰٤	۳
منطقه مسکونی زعفرانیه	۰,۱۲۱۹	۰,۰٤۸۱	۰,۲۸۲۹	۱

www.SID.ir

Archive of SID

۵. تحلیل نتایج

در مطالعه مورد بررسی در این مقاله، ٤ معیار اصلی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج تحقیق بیانگر این مطلب است که معیار وضعیت ایمنی جاده دارای بیشترین اهمیت و وضعیت ترافیکی دارای کمترین اهمیت نسبت به سایر معیارهای اصلی هستند. بررسی ۱۸ زیرمعیار شناخته شده نیز نشان دهنده این مطلب است که در اولویت بندی نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس، فاکتورهای تعداد تلفات فوتی، سرعت مجاز و تعداد تصادفات جرحی به ترتیب دارای بیشترین اهمیت و فاکتورهای وضعیت جوی محور و روشنایی طبیعی دارای کمترین اهمیت هستند.

همچنین با بررسی نتایج حاصل از شاخص نزدیکی، می‌توان به این نتیجه دست یافت که محل کارخانه پنبه پاک کنی دارای بیشترین شاخص نزدیکی است (کمترین فاصله را از ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از ایده‌آل منفی دارا است)، بنابراین نسبت به سایر نقاط در اولویت کمتری برای اصلاح قرار می‌گیرد و منطقه مسکونی زعفرانیه که کمترین شاخص نزدیکی را داراست در اولویت بیشتری برای بهسازی و اصلاح نسبت به سایر نقاط قرار دارد. بنابراین طبق جدول۷ مناطق مسکونی زعفرانیه، روستای رحیم‌آباد و رباط سرپوش به ترتیب اولین، دومین و سومین رتبه از منظر حادثه‌خیزی و کارخانه پنبه پاک کنی آخرین رتبه از لحاظ حادثه خیزی را دارا هستند. بنابراین، مسئولین می‌توانند برای اصلاح نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس براساس اولویت بندی ارائه شده در جدول ۷ اقدام به اتخاذ تصمیمات اصلاحی نمایند.

٦. جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و زمینه تحقیقات آتی

تصادفات یکی از جنبه‌های مهم مخاطرات به حساب می‌آید. بیشتر تصادفات در نقاط خاصی به وقوع می‌پیوندند که نقاط سیاه یا نقاط حادثه خیز نامیده می‌شوند. اصلاح یا حذف نقاط حادثه خیز تأثیر بسزایی در ارتقای ایمنی، کاهش تصادفات ترافیکی، کاهش خسارات و ضایعات دارند. تجربه دیگر کشورها نشان می دهد هرچند این گونه اقدامات گاهی هزینه های مالی سنگینی را در بر دارند، اما رفع معضلات ایمنی این نقاط خواهد توانست تا از میزان تلفات یا صدمات شدید بسیاری از کاربران بکاهد.

این مقاله، نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس را با درنظر گرفتن مخاطرات طبیعی و فیزیکی تأثیزگذار بر حوادث جاده‌ای، با استفاده از ٤ معیار اصلی و ۱۸ زیرمعیار مؤثر بر تصادفات اولویت‌بندی نموده است. بدین منظور علاوه بر جمع‌آوری معیارهای شناسایی شده در مرور ادبیات، ٤ معیار جدید وضعیت شیب شیروانی جاده، وضعیت جوی محور، وضعیت راه‌های دسترسی و دوربرگردان‌ها و کفایت پارکینگ‌ها و مجتمع‌های رفاهی نیز معرفی شده‌اند. در ادامه پس از شناسایی ۷ نقطه حادثه‌خیز با استفاده مدلی ترکیبی از تکنیک‌های MDL و TOPSIS گروهی به اولویت‌بندی نقاط پرداخته شده است. نتایج مدل نشان می‌دهد که از معیارهای اصلی، وضعیت ایمنی جاده و از بین زیرمعیارها، ۳ فاکتور تعداد تلفات فوتی، سرعت مجاز و تعداد تصادفات جرحی به ترتیب دارای بیشترین اهمیت و فاکتورهای وضعیت جوی محور و روشنایی طبیعی دارای کمترین اهمیت می‌باشند. همچنین از بین نقاط حادثه‌خیزنیز منطقه مسکونی زعفرانیه دارای بیشترین اولویت و کارخانه پنبه پاک‌کنی دارای کمترین اولویت می‌باشند.

توسعه روش ارائه شده با رویکرد فازی می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات آتی باشد. همچنین ترکیب روشهای دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره نظیر ویکور[۱۷] با تکنیک MDL می‌تواند زمینه‌ی دیگری برای تحقیقات آتی باشد. علاوه بر این، ارائه معیارهای جدید برای اولویت بندی نقاط حادثه خیز می‌تواند به عنوان حوزه دیگری از تحقیقات آتی در نظر گرفته شود.

۷. پی نوشت‌ها

1- Black spots
2- Modified Digital Logic
3- TOPSIS for group decision making
4- Geographic information system
5- Global positioning systems

www.SID.ir

Archive of SID

6- Strategic highway safety plan
7- Hot spots identification
8- Empirical Bayesian method
9- Analytical Hierarchy process
10- Decision Matrix
11- Linguistic Variables
12- Normalized matrix
13- Normalized weighted matrix
14- Positive Ideal Solution
15- Negative Ideal Solution
16- Closeness Coefficient
17- VIKOR

۸. مراجع

-Al-Masaeid, H. R. (1997) "Impact of pavement condition on rural road accidents", Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 523-531.

-Dehghan-Manshadi, B., Mahmudi, H., Abedian A. and Mahmudi, R. (2007) "A novel method for materials selection in mechanical design: combination of non-linear normalization and a modified digital logic method", Materials and design, Vol. 28, No. 1, pp. 8-15.

-Elvik, R. (2008) "Comparative analysis of techniques for identifying locations of hazardous roads", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2083, No. pp. 72-75.

-Geurts, K., Wets, G., Brijs, T., and Vanhoof, K. (2004) "Identification and ranking of black spots: Sensitivity analysis", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1897, No. pp. 34-42.

-Geurts, K., Wets, G., Brijs, T., Vanhoof, K. and Karlis, D. (2006) "Ranking and selecting dangerous crash locations: Correcting for the number of passengers and Bayesian ranking plots", Journal of safety research, Vol. 37, No. 1, pp. 83-91.

-Kountouriotis, G. and Merat, N. (2016) "Leading to distraction: Driver distraction, lead car, and road environment", Accident Analysis and Prevention, Vol. 89, No. pp. 22-30.

-Kwak, H.-C. and Kho, S. (2016) "Predicting crash risk and identifying crash precursors on Korean expressways using loop detector data", Accident Analysis and Prevention, Vol. 88, No. pp. 9-19.

-Montella, A. (2010) "A comparative analysis of hotspot identification methods", Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, No. 2, pp. 571-581.

-Park, P. Y. and Young, J. (2012) "Investigation of a supplementary tool to assist in the prioritization of emphasis areas in North American strategic highway safety plans", Accident Analysis and Prevention, Vol. 45, No. pp. 392-405.

-Reshma, E. and Sharif, S. U. (2012) "Prioritization Of Accident Black Spots Using GIS", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 2, No. 9, pp. 117-122.

-Sadeghi, A., Ayati, E., and Pirayesh Neghab, M. (2013) "Identification and prioritization of hazardous road locations by segmentation and data envelopment analysis approach", PROMET-TrafficandTransportation, Vol. 25, No. 2, pp. 127-136.

-Shafabakhsh, G. A., Fathi, F. and Zayerzadeh, A. (2010) "Prioritization of eventful roads correction using artificial neural networks", Journal Of Modeling In Engineering, Vol. 8, No. 20, pp. 71-81.

-Shih, H.-S., Shyur, H.-J. and Lee, E. S. (2007) "An extension of TOPSIS for group decision making", Mathematical and Computer Modelling, Vol. 45, No. 7-8, pp. 801-813.

-Watling, C. N., Armstrong, K. A. and Radun, I. (2015) "Examining signs of driver sleepiness, usage of sleepiness countermeasures and the associations with sleepy driving behaviours and individual factors", Accident Analysis and Prevention, Vol. 85, No. pp. 22-29.

www.SID.ir

Archive of SID

-Zangeneh, A., Jadid, S. and Rahimi-Kian, A. (2009) "A hierarchical decision making model for the prioritization of distributed generation technologies: A case study for Iran", Energy Policy, Vol. 37, No. 12, pp. 5752-5763.

-Zhang, G., Yau, K. K., Zhang, X., and Li, Y. (2016) "Traffic accidents involving fatigue driving and their extent of casualties", Accident Analysis and Prevention, Vol. 87, No. pp. 34-42.

-بروجردیان، امین میرزا، صفارزاده، محمود و قاسم‌زاده خشکرودی، علی (۱۳۹٤) " استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی در پیش‌بینی نرخ تصادفات راه"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ششم، شماره۳، بهار ۱۳۹٤، ص. ۳۸۳-۳۹٦

- شفابخش، غلامعلی، علیزاده، حسنا و اکبری، مهدی (۱۳۹۱) "شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز با روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP)"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، شماره۲٤، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۸-۱

- صاحبی، سینا، میربها، بابک، ماهپور، علیرضا و نوروزعلیایی، محمدحسین (۱۳۹٤) " ارائه مدل پیش بینی شدت تصادفات عابران پیاده در راه های برون شهری"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ششم، شماره۳، بهار۱۳۹٤، ص. ۵۸۱-۸۹۲

www.SID.ir

Archive of SID

محمدعلی بهشتی‌نیا، هنگامه برگ‌بید

محمدعلی بهشتی‌نیا درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸٤ از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. در سال ۱۳۸۸ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه تربیت مدرس گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مسیریابی حمل و نقل، زنجیره تأمین و الگوریتم‌های فرا ابتکاری بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی با مرتبه دانشیاری در گروه صنایع دانشگاه سمنان است.

هنگامه برگ بید، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۹۳ از دانشگاه تربت حیدریه و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه سمنان اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان تصمیم گیری چند معیاره، مدیریت حمل و نقل و بهینه‌سازی است.

www.SID.ir