

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: ۱۳۹۴/۱۱/۰۹ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۴

چکیده

حمل و نقل و ارتباطات از بخش‌های زیربنایی در اقتصاد هر کشور 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 در نظر گرفتن معیارهای مختلف طبیعی و محیطی تأثیرگذار بر حوادث جاده‌ای دارد. محور نیشابور- سبزوار و بالعکس به‌عنوان مطالعه موردی جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی در نظر گرفته شده است. در ابتدا معیارها با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع و نظر خبرگان، شناسایی شده و وزن هر یک 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 جمع‌آوری شده است. در نهایت با استفاده از روش تاپسیس (TOPSIS) گروهی اولویت‌بندی نقاط مذکور انجام شده است. یکی از نوآوری‌های این تحقیق، ارائه یک مجموعه کامل از معیارها شامل ۴ معیار اصلی و ۱۸ زیر معیار به‌طور همزمان در ارزیابی حادثه‌خیزی نقاط است که ۴ زیرمعیار آن نیز برای اولین بار در این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند. علاوه بر این تحقیق ترکیب مدل MDL و TOPSIS گروهی به منظور اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز استفاده شده است که روشی جدید در این حوزه به شمار می‌آید. نتایج نشان می‌دهد 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

۱. مقدمه

معرفی شده اند. سپس وزن هریک از معیارهای کمی و کیفی با استفاده از روش منطقی دیجیتال بهبود یافته (MDL)^۲ محاسبه شده است. در ادامه براساس ابلاغیه وزارت راه و شهرسازی، ۷ نقطه حادثه‌خیز در محور نیشابور- سبزوار شناسایی و انتخاب شد و در نهایت با استفاده از روش تاپسیس گروهی^۳ 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 حادثه‌خیزترین نقطه در محور مورد مطالعه و همچنین اولویت‌بندی سایر نقاط حادثه‌خیز در این محور می‌باشد. سوال اصلی این تحقیق عبارتست از:

- رتبه‌بندی نقاط حادثه‌خیز 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 حادثه‌خیزی نقاط در محور مورد مطالعه چه مقدار است؟
نوآوری‌های این مقاله به شرح زیر هستند:
- ترکیب مدل MDL و TOPSIS گروهی به منظور اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز
- بررسی ۴ معیار اصلی و ۱۸ زیرمعیار مؤثر در حادثه‌خیزی نقاط، به طور همزمان
- معرفی ۴ معیار جدید علاوه بر معیارهای مطرح شده در مرور ادبیات که عبارتند از: ۱- وضعیت شیب شیروانی جاده ۲- وضعیت جوی محور ۳- وضعیت راه‌های دسترسی و دوربرگردان‌ها ۴- کفایت پارکینگ‌ها و مجتمع‌های رفاهی
- اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس (مطالعه موردی)
در ادامه در بخش ۲ مرور ادبیات اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز ارائه می‌گردد. در بخش ۳ روش انجام این تحقیق ارائه می‌شود.

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 مخاطره‌آمیز محیط اطراف زندگی بوده است. نخستین و ضروری‌ترین گام در بهبود ایمنی آمدوشد راه، تعیین نقاطی از راه است که نیاز فوری به بهسازی دارند. مهندسين ترافیک و کارشناسان پلیس راه می‌دانند که معمولاً تصادفات در نقاط خاصی به وقوع می‌پیوندند که تحت عنوان نقاط سیاه^۱ یا نقاط حادثه‌خیز نامیده می‌شوند. با توجه به کمبود بودجه برای ایمن‌سازی تمام محورهای حادثه‌خیز، اولویت‌بندی نقاط پرحادثه به هدفمندسازی اقدامات و افزایش بازدهی سرمایه‌گذاری 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 پژوهش‌های گذشته، روشهای شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز 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 نظیر نرخ بازده سال اول، ارزش خالص فعلی، نسبت منفعت به هزینه و نرخ بازده داخلی را ملاک عمل قرار داده اند [Shafabakhsh et al. 2012].

در این مقاله، نقاط حادثه‌خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس با در نظر گرفتن مخاطرات طبیعی و فیزیکی تأثیرگذار بر حوادث جاده‌ای، اولویت‌بندی شده اند. بدین منظور علاوه بر شناسایی ۱۴ معیار موجود در ادبیات موضوع، ۴ معیار جدید نیز

روش HSID^۷ را مورد بررسی و مقایسه قرار داده است که این هفت روش عبارتند از ۱- فرکانس تصادفات ۲- برابری احتمال صدمه در فرکانس تصادفات ۳- نرخ تصادفات ۴- روش نسبت ۵- برآورد بیز تجربی برای فرکانس کل تصادفات ۶- برآورد بیز تجربی برای فرکانس شدت تصادفات ۷- توانایی بهبود بخشیدن. علی اصغر صادقی و همکاران [Sadeghi et al. 2013] نقاط حادثه خیز جاده دوطرفه به طول ۱۴۴٫۴ کیلومتر در جاده های مشهد-کلات و مشهد-فریمان را مورد بررسی قرار دادند. غلامعلی شفافبخش و همکاران [Shafabakhsh et al. 2010] از ابزار قدرتمند شبکه‌های عصبی مصنوعی چند لایه پیش خوراند برای پیش بینی اولویت بندی اصلاح نقاط حادثه خیز محورهای استان مازندران، استفاده کرده اند. مساعید و همکاران [Al-Masaeid, 1997] با تأکید بر اهمیت تأمین روشنایی به خصوص برای معابر مه گیر، به منظور ارتقای ایمنی به این نکته اشاره داشته‌اند که در صورت عدم تأمین نور کافی، سوانح ناگواری ناشی از محدودیت دید رخ خواهد داد. ران الویک [Elvik, 2008] نیز با استفاده از ۵ روش، به شناسایی مکان‌های حادثه خیز جاده ای در نروژ پرداخته است که این ۵ روش عبارتند از ۱- ثبت تعداد حوادث در طول یک دوره خاص ۲- مشاهده نرخ تصادفات (حوادث به ازای هر میلیون کیلومتر خودرو) در طول یک دوره خاص ۳- ترکیب تعداد حوادث و نرخ تصادفات بالاتر از نرمال در طول یک دوره خاص ۴- استفاده از روش بیز تجربی^۸ جهت برآورد تعداد مورد انتظار از حوادث در هر مکان ۵- تعیین اندازه سهم هریک از عوامل خطر. هوچان واک و سنگیونگ خو [Kwak and Kho, 2016] زمان حقیقی مدل‌های پیش بینی خطر تصادفات را برای بخش‌های مختلف و همچنین برای چگونگی جریان ترافیک در بزرگراه‌ها توسعه داده‌اند. آنها برای پیش بینی خطر تصادفات، به بررسی اثر و استفاده از شناساگر ایستگاه‌ها در فواصل نامنظم پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان دهنده این است که ویژگی‌های جریان ترافیک که منجر به تصادفات می‌شوند، با توجه به بخش‌های مختلف و چگونگی جریان ترافیک با یکدیگر تفاوت دارند. گوانگنان ژانگ و همکاران

در بخش ۴ روش‌های MDL و TOPSIS گروهی تشریح شده و مدل ترکیبی ارائه می‌گردد. در بخش ۵ به بررسی نتایج محاسباتی بدست آمده از حل این مدل پرداخته می‌شود و در بخش آخر نیز نتیجه‌گیری و زمینه تحقیقات آتی ارائه می‌گردد.

۲. مرور ادبیات

در این بخش به بررسی ادبیات موضوع اولویت بندی نقاط حادثه خیز پرداخته می‌شود.

کارولین گرتس و همکاران [Geurts et al. 2006] با اختصاص دادن وزن برای ۳ نوع از آسیب های کم، جدی و کشنده تصادفات در طی یک دوره ۳ ساله، به انتخاب مکان‌های حادثه خیز پرداخته و با تجزیه و تحلیل حساسیت شدت ضربه، به رتبه بندی فعلی مکان‌های حادثه خیز پرداخته‌اند. رشما و شیخ آمارشریف [Reshma and Sharif, 2012] با استفاده از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۹ برخی از نقاط حادثه خیز در جنوب بنگلور کارناتاکا را شناسایی کرده و سپس توسط نرم افزار ArcGIS 10 آن نقاط را اولویت بندی کرده‌اند. آنها در انتها برای مشخص کردن نقاط مذکور بر روی زمین، جاده را به یک نقشه دیجیتالی تبدیل کرده و سپس با استفاده از GPS^{۱۰} مقادیر طول و عرض جغرافیایی نقاط مذکور را بر روی زمین پیدا کرده‌اند، بدین صورت مکان جغرافیایی آن نقاط بر روی زمین مشخص شده است. پیتر پارک و جاسون یانگ [Park and Young, 2012] طرح ایمنی استراتژیک بزرگراه (SHSP)^{۱۱} و برنامه اقدام ایمنی ترافیک ۵۳ حوزه قضایی در آمریکای شمالی را مورد بررسی قرار داده و برای واضح شدن و روشن ساختن انتخاب و اولویت بندی مناطق بااهمیت، از آزمون بتا دو جمله‌ای استفاده کرده‌اند. کارولین گرتس و همکاران [Geurts et al. 2004] با اختصاص دادن ۳ ترکیب وزنی مختلف برای شدت آسیب، به بررسی تأثیر انتخاب وزن مناسب بر روی شناسایی، رتبه بندی نقاط سیاه و همچنین اقدامات ایمنی ترافیک پرداخته‌اند. آلفونسو مونتلا [Montella, 2010] ضمن تأکید بر اهمیت شناسایی نقاط سیاه و تأثیر آن بر بهبود ایمنی، با در نظر گرفتن ۴ معیار، هفت

بینی و ارزیابی عوامل موثر بر شدت تصادفات عابران پیاده در راه‌های برون‌شهری استان تهران، طی سالهای ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۰ پرداخته‌اند. متغیرهای بررسی شده در این مدل شامل مشخصات راننده، زمان وقوع تصادف، وسیله نقلیه درگیر در تصادف، مقصر بودن عابر پیاده، فاصله از نزدیک‌ترین پاسگاه، علت تامه ثبت شده در صحنه تصادف و تعداد وسایل درگیر در تصادف بوده و ماتریس بی‌نظمی مدل پیشنهادی آنها نشان داده است که مدل ارائه شده، از قابلیت مناسبی در تخمین شدت تصادفات برخوردار است. مدل ساخته شده، ۱۰۰ درصد تصادفات جرحی، ۶ درصد تصادفات فوتی و ۶۵ درصد کل تصادفات را به درستی پیش‌بینی کرده است. امین‌میرزا بروجردیان و همکاران [Borujeridian et al. 2015] پس از قطعه‌بندی راه و تخصیص تصادفات به هر قطعه، با تشکیل ماتریس وزن جهت محاسبه وابستگی فضایی قطعات به یکدیگر به بررسی عملکرد سه مدل اتورگرسیو فضایی معمولی، تأخیر فضایی و خطای فضایی پرداخته‌اند. آنها همچنین به پیش‌بینی نرخ تصادفات در قطعات راه پرداخته و با مقایسه نرخ تصادفات واقعی و پیش‌بینی شده و استفاده از ملاکی برای تشخیص، بهترین پیش‌بینی‌کننده را انتخاب نموده‌اند. نتایج تحقیق آنها در رتبه بندی راه، اولویت بندی تخصیص بودجه، ایمن‌سازی قطعات تصادف‌خیز و تهیه نقشه پراکندگی احتمال تصادفات در قطعات راه نیز کاربرد دارد. نتایج مرور ادبیات نشان می‌دهد به جز مساعید و همکاران و همچنین واتلینگ و همکاران که فقط عامل انسان را در تصادفات مورد بررسی قرار داده‌اند، سایر محققان در این پژوهش ترکیبی از ۳ عامل راه، انسان و وسیله نقلیه را مورد بررسی قرار داده و هر یک از تحقیقات از معیارها و روشهای متعدد برای اولویت بندی نقاط حادثه‌خیز استفاده نموده‌اند. بنابراین تحقیقی که معیارهای جامعی را در شناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه‌خیز در نظر گرفته باشد، در ادبیات موضوع یافت نشد. در این مقاله با در نظر گرفتن ۴ معیار اصلی و ۱۸ زیرمعیار مؤثر بر تصادفات به اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس پرداخته می‌شود. همچنین از یک روش ترکیبی جدید که از تلفیق دو روش MDL و

[Zhang et al. 2016] به تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط تصادفات ترافیکی در سالهای ۲۰۰۶-۲۰۱۰ در استان گوانگدونگ، چین پرداخته و با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، تأثیر عواملی نظیر انسان، نوع وسایل نقلیه، شرایط جاده، و عوامل محیطی را در بروز خستگی رانندگان و شدت تصادف ناشی از آن مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان‌دهنده این مطلب است که عواملی مانند رانندگان کم تجربه، وضعیت خودرو نا امن، جاده‌های لغزنده، رانندگی در شب با خیابان‌های دارای روشنایی و تعطیلات آخر هفته اثر قابل توجهی در تصادفات مربوط به خستگی ندارند، اما حوادث مرتبط با این عوامل به احتمال زیاد باعث بیشتر شدن شدت تصادفات خواهد شد. کنتوریوتیس و مرآت [Kountouriotis and Merat, 2016] به بررسی تأثیر عوامل بصری و غیر بصری بر حواس پرتی راننده پرداخته و این موضوع را با توجه به وضعیت هندسی راه و وجود یا عدم وجود سایر وسایل نقلیه در اطراف راننده مورد تحلیل و بررسی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان‌دهنده این مطلب است که حواس پرتی راننده بر عواملی مانند سرعت، دقت و کنترل رانندگی وی به شدت تأثیرگذار است. چریستوفر واتلینگ و همکاران [Watling et al. 2015] خواب‌آلودگی را یکی از عوامل مهم تصادفات جاده‌ای برشمرده و به بررسی نشانه‌های راننده خواب‌آلوده، استفاده از اقدامات متقابل خواب‌آلودگی و تلفیق رفتار راننده خواب‌آلوده با عوامل فردی پرداخته‌اند. آنها نمونه‌ای از ۱۵۱۸ راننده در استرالیا را مورد بررسی قرار داده و علائمی مثل خمیازه کشیدن، تغییر موقعیت مداوم بدن و پلک زدن مکرر را از علائم خواب‌آلودگی راننده برشمرده‌اند. همچنین، استراحت در پارکینگ‌های کنار جاده را به عنوان یکی از اقدامات متقابل خواب‌آلودگی محسوب کرده که با تجربه افراد، سن، تحصیلات و میزان حرفه‌ای بودن راننده در ارتباط است و نقش مهمی در کاهش خستگی راننده و همچنین کاهش تصادفات جاده‌ای داراست. در مقاله ما معیار کفایت پارکینگ‌ها و مجتمع‌های رفاهی برگرفته از این تحقیق است. سینا صاحبی و همکاران [Sahebi et al. 2015] با ارائه مدل لوجیت دوتایی به پیش

مدلی ترکیبی جهت شناسایی عوامل مؤثر در مخاطرات حمل و نقل زمینی

و ۹۳ دریافت و ۷ نقطه طبق معیارهای حادثه خیزی با توجه به ابلاغیه وزارت راه و شهرسازی شناسایی شد.

گام چهارم: 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 حادثه خیز در هر یک از معیارها استفاده شد.

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

هر دو پرسشنامه مورد استفاده، توسط ۱۱ فرد خبره تکمیل شدند که مشخصات پرسش شوندهگان به شرح جدول ۱ می باشد.

۴. مطالعه موردی

همانگونه که اشاره گردید در این مقاله، نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس با در نظر گرفتن مخاطرات طبیعی و محیطی تأثیرگذار بر حوادث جاده ای اولویت بندی شده است. بدین منظور گام های روش تحقیق به صورت زیر صورت پذیرفت:

TOPSIS گروهی استفاده می کند، جهت اولویت بندی نقاط حادثه خیز در این محور استفاده می شود.

۳. روش تحقیق

همانطور که اشاره شد این مقاله، نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس را با در نظر گرفتن مخاطرات طبیعی و فیزیکی تأثیرگذار بر حوادث جاده ای اولویت بندی می کند. بدین منظور گام های زیر صورت پذیرفت:

گام یک: ۴ معیار اصلی ۱۸ زیر معیار شناسایی شد که ۱۴ زیر معیار از ادبیات موضوع استخراج و ۴ زیر معیار نیز بر اساس مصاحبه عمقی با خبرگان شناسایی شده اند.

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

گام سه: با مراجعه به اداره راه و شهرسازی استان خراسان رضوی، آمار تصادفات محور مورد مطالعه در سال های ۹۱، ۹۲

جدول ۱. مشخصات پرسش شوندهگان

ردیف	تحصیلات	سمت	میزان سابقه کار در اداره یا پلیس راه (سال)	سطح آشنایی با مفاهیم اولویت بندی نقاط حادثه خیز
۱	لیسانس	کارشناس ایمنی راهها	۲۳	بالا
۲	فوق لیسانس	کارشناس تحلیل تصادفات	۶	خوب
۳	فوق لیسانس	رئیس اداره نگهداری راه و ابنیه فنی	۲۰	بالا
۴	فوق لیسانس	معاون نگهداری راه و ابنیه	۱۵	خوب
۵	فوق لیسانس	کارشناس ایمنی راهها	۲۰	خوب
۶	دکتر	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

۴-۱ تعیین معیارها

همانگونه که اشاره گردید براساس مصاحبه عمیق با خبرگان، ۴ معیار اصلی ۱۸ زیر معیار شناسایی شد که ۱۴ زیر معیار از ادبیات موضوع استخراج و ۴ زیر معیار نیز با نظر نخبگان شناسایی شده‌اند. این معیارها در جدول ۱ قابل مشاهده است. معیارهای جدید معرفی شده در این تحقیق عبارتند از:

- ۱- 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.
- ۲- 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.

۳- 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.

۴- 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.

۴-۲ 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.

۴-۲-۱ تعیین 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 (۱) و عنصر با اهمیت بیشتر عدد (۳) را در نظر گرفته می‌شود. برای عناصر با اهمیت برابر نیز عدد (۲) در نظر گرفته می‌شود. پس از آنکه همه مقایسه‌های دو به دو انجام شد، وزن نهایی هر یک از عناصر از رابطه (۱) 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: $2 = C_{kj} = C_{jk}$ ، در غیر اینصورت اگر معیار k از معیار j مهم‌تر باشد آنگاه: $3 = C_{kj}$ و $1 = C_{jk}$ و اگر معیار j از معیار k مهم‌تر باشد، آنگاه: $3 = C_{jk}$ و $1 = C_{kj}$.

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

۴-۲-۲ تعیین وزنهای نهایی

پس از پر شدن ماتریسهای مقایسات زوجی توسط خبرگان، میانگین وزن معیارهای اصلی بین همه پرسشنامه‌ها محاسبه و نتایج آن در ستون دوم جدول ۲ ارائه شده است. سپس وزن نرمال شده هر یک از زیرمعیارها نیز محاسبه و در ستون ششم جدول ۲ 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 روش AHP^۹ برای تعیین اوزان استفاده نموده‌اند.

در انتها برای تعیین وزن نرمال شده نهایی هر یک 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 ۲ ارائه شده است.

مدلی ترکیبی جهت شناسایی عوامل مؤثر در مخاطرات حمل و نقل زمینی

جدول ۲. معیارها و زیرمعیارها و وزن نرمال شده نهایی هریک از آنها

شرح معیار اصلی	وزن معیار اصلی	زیر معیار	شرح زیرمعیار	منبع	وزن نرمال شده	وزن نرمال شده نهایی زیرمعیارها
وضعیت هندسی راه (C ₁)	۰,۲۴۱	C _{1,1}	وضعیت قوس جاده	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۲۴۴	۰,۰۵۹
		C _{1,2}	وضعیت شیب شیروانی	[خیرگان]	۰,۲۲۲	۰,۰۵۴
		C _{1,3}	وضعیت دید جاده	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۲۱۴	۰,۰۵۱۶
		C _{1,4}	عرض جاده	Reshma and Sharif, 2012	۰,۱۷۵	۰,۰۴۲
		C _{1,5}	روسازی	[Sadeghi et al. 2013]	۰,۱۴۴	۰,۰۳۵
وضعیت ترافیکی (C ₂)	۰,۲۱۷	C _{2,1}	تعداد خودروهایی عبوری	Reshma and Sharif, 2012	۰,۳۳۳	۰,۰۷۲
		C _{2,2}	ترکیب ترافیک (سبک و سنگین)	Reshma and Sharif, 2012	۰,۲۴۱	۰,۰۵۲۳
		C _{2,3}	سرعت مجاز	[Sadeghi et al. 2013]	۰,۴۲۶	۰,۰۹۲
شدت تصادفات (C ₃)	۰,۲۶۴	C _{3,1}	تعداد تلفات فوتی	[Geurts et al. 2004]	۰,۵	۰,۱۳۲
		C _{3,2}	تعداد مجروحین تصادف	[Geurts et al. 2004]	۰,۳۳۳	۰,۰۸۸
		C _{3,3}	تعداد تصادفات خسارتی	[Geurts et al. 2004]	۰,۱۶۷	۰,۰۴۴
وضعیت ایمنی جاده (C ₄)	۰,۲۷۸	C _{4,1}	کفایت علائم افتقی و عمودی	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۱۵۱	۰,۰۴۲
		C _{4,2}	وضعیت جوی محور	[خیرگان]	۰,۱۲۲	۰,۰۳۴
		C _{4,3}	وضعیت راه‌های دسترسی و دوربرگردان	[خیرگان]	۰,۱۲۸	۰,۰۳۶
		C _{4,4}	کفایت پارکینگ و مجتمع رفاهی	[خیرگان]	۰,۱۵۹	۰,۰۴۴
		C _{4,5}	قرار گرفتن در نقاط خاص (تونل، پل، گردنه، نقاط مه گیر، طوفان‌های شن و...)	SHAFABAKHSH et al. 2010	۰,۱۴۸	۰,۰۴۱
		C _{4,6}	وضعیت روشنایی (طبیعی)	[Al-Masaeid, 1997]	۰,۱۲۴	۰,۰۳۴
		C _{4,7}	وضعیت روشنایی (مصنوعی)	[Al-Masaeid, 1997]	۰,۱۶۲	۰,۰۴۵

۳-۴ تعیین نقاط حادثه خیز

با مراجعه به اداره راه و شهرسازی استان خراسان رضوی، آمار تصادفات محور مورد مطالعه در سال‌های ۹۱، ۹۲ و ۹۳ دریافت

و پس از مصاحبه عمیق، پرسش از خیرگان و همچنین ابلاغیه‌های وزارت راه و شهرسازی استان خراسان رضوی در خصوص نقاط حادثه‌خیز، ۷ نقطه حادثه‌خیز مطابق با جدول ۳ شناسایی شد.

جدول ۳. مشخصات نقاط حادثه خیز در محور نیشابور- سبزوار و بالعکس

گزینه	نام محور	نام نقطه/مقطع	فاصله از مبدا محور (Km)
A _۱	نیشابور- سبزوار	بعداز دوربرگردان نوآباد	۳۵
A _۲	نیشابور- سبزوار	روستای رحیم آباد	۵
A _۳	نیشابور- سبزوار	کارخانه پنبه پاک کنی	۱۵
A _۴	نیشابور- سبزوار	پل کال شور	۲۰
A _۵	سبزوار- نیشابور	تقاطع	۴۵
A _۶	سبزوار- نیشابور	منطقه مسکونی رباط	۱۷
A _۷	سبزوار- نیشابور	منطقه مسکونی زعفرانیه	۳۵

۴-۴ تشکیل ماتریس تصمیم

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

$$D = [r_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

همچنین وزن هر معیار به عنوان ورودی باید دریافت شود که این وزن‌ها با برداری به نام W شناخته می‌شوند.

در این روابط A_1, A_2, \dots, A_m گزینه‌های ممکن (نقاط حادثه خیز)، C_1, C_2, \dots, C_n معیارهایی هستند که به منظور ارزیابی گزینه‌ها در نظر گرفته شده‌اند و $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ 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^{۱۱} یا علائم اختصاری در جدول ۴ 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.

جدول ۴. تبدیل متغیرهای کیفی به کمی

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

مدلی ترکیبی جهت شناسایی عوامل مؤثر در مخاطرات حمل و نقل زمینی

جدول ۵. ماتریس تصمیم‌گیری یکپارچه

نوع معیار	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	
معیار																			
نقاط	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$	$C_{1,5}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	$C_{4,3}$	$C_{4,4}$	$C_{4,5}$	$C_{4,6}$	$C_{4,7}$	
W	۰/۰۵۹	۰/۰۵۴	۰/۰۵۲	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۰۷۲	۰/۰۵۲	۰/۰۹۲	۰/۱۳۲	۰/۰۸۸	۰/۰۴۴	۰/۰۴۲	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۴	۰/۰۴۵	
A_1	۱	۹	۹	۷	۹	۴۲۴۴۴۴	۰/۳۴	۱۱۰	۰	۶	۰	۵	۷	۷	۱	۱	۹	۱	
A_2	۳	۹	۷	۷	۹	۴۲۴۴۴۴	۰/۳۴	۸۰	۱	۳	۰	۳	۷	۳	۱	۱	۹	۱	
A_3	۱	۹	۷	۷	۹	۴۲۴۴۴۴	۰/۳۴	۱۱۰	۰	۳	۰	۵	۷	۳	۱	۱	۹	۱	
A_4	۹	۹	۳	۷	۵	۴۲۴۴۴۴	۰/۳۴	۱۱۰	۰	۲	۰	۱	۷	۷	۱	۷	۹	۱	
A_5	۱	۹	۵	۷	۷	۴۸۱۷۵۵	۰/۳۲	۹۰	۰	۳	۰	۳	۷	۳	۱	۱	۹	۱	
A_6	۱	۹	۳	۷	۵	۴۸۱۷۵۵	۰/۳۲	۸۵	۰	۷	۰	۳	۷	۷	۱	۱	۹	۱	
A_7	۱	۹	۵	۷	۵	۴۸۱۷۵۵	۰/۳۲	۸۵	۲	۳	۰	۳	۷	۳	۱	۱	۹	۱	

جدول ۶. ماتریس بی‌مقیاس شده 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	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۰	۰/۰۴	۰	۰/۰۴۷	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	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۰	۰/۰۲۹	۰/۰۶	۰/۰۲۴	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	
A_3	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۰	۰/۰۴	۰	۰/۰۲۴	۰	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	
A_4	۰/۰۵۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۰	۰/۰۴	۰	۰/۰۱۶	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	
A_5	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰	۰/۰۲۴	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	
A_6	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰	۰/۰۵۵	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	
A_7	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۱۲	۰/۰۲۴	۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	
PIS	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹	۰	۰/۰۱۶	۰	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	
NIS	۰/۰۵۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۰	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۵۵	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	

در گام بعد، وزنهای به دست آمده از روش MDL در عناصر ماتریس نرمالایز شده ضرب می‌شوند (طبق رابطه ۴) و ماتریس بی‌مقیاس شده موزون^{۱۳} محاسبه و جدول ۶ تشکیل شده است.

جواب ایده‌آل منفی (NIS)^{۱۵} محاسبه شده است. به این منظور ابتدا به کمک روابط (۵) و (۶)، به ترتیب جواب ایده‌آل مثبت و جواب ایده‌آل منفی محاسبه شده است که در جدول ۶ 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. عبارت 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

در گام بعد، وزنهای به دست آمده از روش MDL در عناصر ماتریس نرمالایز شده ضرب می‌شوند (طبق رابطه ۴) و ماتریس بی‌مقیاس شده موزون^{۱۳} محاسبه و جدول ۶ تشکیل شده است.

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

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1j} & \dots & V_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ V_{m1} & \dots & V_{mj} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

به منظور اولویت‌بندی نقاط حادثه خیز، شاخص نزدیکی برای هر یک از گزینه‌ها با کمک جواب ایده‌آل مثبت (PIS)^{۱۴} و

در روش TOPSIS پیشنهادی توسط شیه و همکاران [Shih et al. 2007]، با توجه به نظر هر تصمیم‌گیرنده از گروه تصمیم‌گیرندگان ($k=1,2,\dots,K$) یک ماتریس تصمیم‌گیری 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 و ۱۱ بیانگر میانگین هندسی فواصل از گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی است که مقادیر آن در جدول ۷ مشخص شده است.

$$\overline{S_i^+} = (\prod_{k=1}^k S_i^+)^{1/k}; i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$\overline{S_i^-} = (\prod_{k=1}^k S_i^-)^{1/k}; i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

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

$$\overline{C_i^*} = \frac{\overline{S_i^-}}{(\overline{S_i^+} + \overline{S_i^-})}; 0 \leq \overline{C_i^*} \leq 1; i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

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 جدول ۷ قابل مشاهده است.

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

$$PIS = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \\ = \{(\max v_{ij} | j \in J_1), (\min v_{ij} | j \in J_2), i = 1, \dots, m\} \quad (5)$$

$$PIS = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \\ = \{(\min v_{ij} | j \in J_1), (\max v_{ij} | j \in J_2), i = 1, \dots, m\} \quad (6)$$

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.

$$S_i^+ = \sqrt{\{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2\}}; i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2\}}; i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

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.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}; 0 \leq C_i^* \leq 1; i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

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.

جدول ۷. اولویت بندی نهایی

اولویت بندی	$\overline{C_i^*}$	$\overline{S_i^-}$	$\overline{S_i^+}$	نقاط حادثه خیز
۵	۰,۷۷۳۴	۰,۱۲۶۳	۰,۰۳۷	بعداز دوربرگردان نوآباد
۲	۰,۰۵۵۶	۰,۰۷۸	۰,۰۶۲۳	روستای رحیم آباد
۷	۰,۸۸۰۴	۰,۱۳۰۳	۰,۰۱۷۷	کارخانه پنبه پاک کنی
۴	۰,۷۴۱۴	۰,۱۲۵	۰,۰۴۳۶	پل کال شور
۶	۰,۸۵۶	۰,۱۲۹	۰,۰۲۱۷	تقاطع
۳	۰,۷۳۰۴	۰,۱۲۴۹	۰,۰۴۶۱	منطقه مسکونی رباط سرپوش
۱	۰,۲۸۲۹	۰,۰۴۸۱	۰,۱۲۱۹	منطقه مسکونی زعفرانیه

۵. تحلیل نتایج

در مطالعه مورد بررسی در این مقاله، ۴ 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، می توان به این نتیجه دست یافت که محل کارخانه پنبه پاک کنی دارای بیشترین شاخص نزدیکی است (کمترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را از ایده آل منفی دارا است)، بنابراین نسبت به سایر نقاط در اولویت کمتری برای اصلاح قرار می گیرد 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 جدول ۷ مناطق مسکونی زعفرانیه، روستای رحیم آباد و رباط سرپوش به ترتیب اولین، دومین و سومین رتبه از منظر حادثه خیزی و کارخانه پنبه پاک کنی آخرین رتبه از لحاظ حادثه خیزی را دارا هستند. بنابراین، مسئولین می توانند 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.

۶. جمع بندی، نتیجه گیری و زمینه تحقیقات آتی

تصادفات یکی از جنبه های مهم مخاطرات به حساب می آید. بیشتر تصادفات در نقاط خاصی به وقوع می پیوندد که نقاط سیاه یا نقاط حادثه خیز نامیده می شوند. 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 تأثیرگذار بر حوادث جاده ای، با استفاده از ۴ معیار اصلی و ۱۸ زیرمعیار مؤثر بر تصادفات اولویت بندی نموده است. بدین منظور علاوه بر جمع آوری معیارهای شناسایی شده در مرور ادبیات، ۴ معیار جدید وضعیت شیب شیروانی جاده، وضعیت جوی محور، وضعیت راه های دسترسی و دوربرگردان ها و کفایت پارکینگ ها و مجتمع های رفاهی نیز معرفی شده اند. در ادامه پس از شناسایی ۷ نقطه حادثه خیز با استفاده مدلی ترکیبی از تکنیک های MDL و TOPSIS گروهی به اولویت بندی نقاط پرداخته شده است. نتایج مدل نشان می دهد 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 می باشند. همچنین از بین نقاط حادثه خیز نیز منطقه مسکونی زعفرانیه دارای بیشترین اولویت و کارخانه پنبه پاک کنی دارای کمترین اولویت می باشند.

توسعه روش ارائه شده با رویکرد فازی می تواند زمینه ای برای تحقیقات آتی باشد. همچنین ترکیب روشهای دیگر تصمیم گیری چند معیاره نظیر ویکور^{۱۷} با تکنیک MDL می تواند زمینه ای دیگری برای تحقیقات آتی باشد. علاوه بر این، ارائه معیارهای جدید برای اولویت بندی نقاط حادثه خیز می تواند به عنوان حوزه دیگری از تحقیقات آتی در نظر گرفته شود.

۷. پی نوشت ها

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

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-Traffic and Transportation*, 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.

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

مدلی ترکیبی جهت شناسایی عوامل مؤثر در مخاطرات حمل و نقل زمینی

فضایی در پیش بینی نرخ تصادفات راه"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ششم، شماره ۳، بهار ۱۳۹۴، ص. ۳۸۳-۳۹۶

- شفابخش، غلامعلی، علیزاده، حسنا و اکبری، مهدی (۱۳۹۱) "شناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه خیز با روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، شماره ۲۴، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱-۱۸

- صاحبی، سینا، میربها، بابک، ماهپور، علیرضا و نوروزعلیایی، محمدحسین (۱۳۹۴) "ارائه مدل پیش بینی شدت تصادفات عابران پیاده در راه های برون شهری"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ششم، شماره ۳، بهار ۱۳۹۴، ص. ۵۸۱-۸۹۲

-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.

-بروجدیان، امین میرزا، صفارزاده، محمود و قاسم زاده خشکرودی، علی (۱۳۹۴) "استفاده از مدل های اقتصادسنجی

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 ۱۳۸۴ 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 برگ‌بید، 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 تصمیم‌گیری چند معیاره، مدیریت حمل و نقل و بهینه‌سازی است.

