شناسایی و الویت بندی راهکارهای اصلاح نقاط پرتصادف با استفاده از مدل تلفیقی TOPSIS–BWM گروهی (مورد مطالعه: شهر سنندج)

مقاله علمی-پژوهشی

سعید رمضان زاده *، استادیار، دپارتمان علوم پایه و مهندسی، دانشکده منابع سازمانی، دانشگاه امین، تهران، ایران
بهزاد درآینده، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی ترافیک، دانشکده راهنمایی و رانندگی، دانشگاه امین، تهران، ایران
موسی محمودی، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی ترافیک، دانشکده راهنمایی و رانندگی، دانشگاه امین، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ramezan.s@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰- پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۵
صفحه ۴۰۰-۳۹۱

چکیده

با پیشرفت و توسعه روز افزون حمل و نقل جاده ای، دنیای امروز شاهد افزایش تصادفات و تحمیل هزینه‌های مالی، جانی و روحی به جامعه است. بر این اساس، مدیران و برنامه ریزان به شناسایی و اصلاح نقاط پرتصادف پرداخته‌اند. ولی پیاده سازی راهکارهای اصلاحی در این نقاط، با محدودیت منابع مالی و غیره مواجه است. هدف این پژوهش، شناسایی نقاط پرتصادف درون شهری سنندج و اولویت بندی راهکارهای اصلاحی نقاط مذکور می باشد. روش پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ ماهیت توصیفی است. جامعه آماری پژوهش، تمامی تصادفات بازه زمانی سال‌های ۹۸ تا ۱۴۰۰ شهرستان سنندج و به صورت تمام شمار در نظر گرفته شد. همچنین جامعه آماری بخش دوم (اولویت بندی راهکارها)، خبرگان ایمنی ترافیک راهور و شهرداری سنندج و نمونه‌گیری به صورت هدفمند بود. روش تحلیل داده‌ها، مدل توسعه داده شده تصمیم‌گیری چندشاخصه BWM به حالت چند خبره و ترکیب آن با TOPSIS بود. نتایج پیاده‌سازی مدل در شهر سنندج، حاکی از آن بود که ۵ نقطه، خیابان‌های نایسر، مستضعفین، بهشت محمدی، آبیدر و پاسداران پرتصادف بوده و اولویت نخست راهکارهای اصلاحی نیز برای خیابان‌های نایسر و مستضعفین، نصب سرعتگاه، برای خیابان بهشت محمدی، نصب دوربین ثبت تخلف و برای خیابان‌های آبیدر و پاسداران نصب علائم هشدار دهنده بود.

واژه‌های کلیدی: نقطه پرتصادف، اولویت بندی، روش بهترین-بدترین، روش تاپسیس

۱- مقدمه

تصادفات رانندگی را می توان جزء لاینفک سیستم حمل ونقل در راه‌ها دانست. امروزه مسئله تصادفات و محدودیت منابع در رفع نقاط پرتصادف از چالش‌های بزرگ در مسیر توسعه هر کشوری قرار گرفته است. خسارت‌های جانی، مالی و روحی ناشی از وقوع تصادفات، بهبود وضع ایمنی راه‌ها را به هدفی بسیار مهم در مدیریت ایمنی و مهندسی ترافیک تبدیل نموده، به طوریکه مطالعات زیادی در ارتباط با این مقوله انجام گرفته است. واضح است که وقوع تصادفات، حاصل عواملی چون وسیله نقلیه، راه، محیط و عوامل انسانی و تاثیرات متقابل آنها است [Cesario, Uchubile & Vinci, 2022]. وجود یا عدم استاندارد بودن وضعیت هرکدام از این عوامل، می‌تواند در ایمنی یا پرتصادف بودن یک نقطه از راه موثر باشد. لذا متولیان ایمنی حمل ونقل باید

به تشخیص عواملی که به تصادفات یا شدت آنها مربوط می‌شود توجه شایانی داشته و با بهبود طرح های ایمنی و اقدامات اصلاحی، محیط ایمنی تری را برای رانندگان فراهم نمایند. تحقیقات نشان می‌دهد که بیشتر برنامه‌های ایمن‌سازی مانند جلوگیری از مصرف الکل و مواد مخدر، بستن کمربند ایمنی، بازدید فنی وسایل نقلیه و... که سعی در تغییر عملکرد و عادات انسان‌ها دارد، هیچ گاه به طور کامل به اجراء در نمی‌آیند؛ اما ثابت شده است که بهبود ایمنی به شکل عملیات مهندسی، مانند استفاده از کنترل سرعت، جداسازی و اصلاح هندسی معابر، تقاطع و حذف نقطه حادثه ساز، تأثیر غیر قابل انکاری در کاهش تصادفات دارد [Wany, Pei, Yang & Yuan, 2021]. از طرفی کمبود منابع مالی و سایر محدودیت‌ها خصوصاً در سالیان اخیر، ایمن سازی تمام نقاط پرتصادف را با دشواری‌هایی مواجه نموده است. بر این اساس، مدیران باید به اولویت بندی اقدامات و راهکارهای کاهش تصادفات در نقاط پرتصادف بپردازند. این عمل به هدفمندسازی اقدامات و افزایش بازدهی سرمایه‌گذاری کمک شایانی خواهد کرد. در این راستا پژوهش‌هایی صورت گرفته است. مویدفر و بهاروندی [Moeayedfar & Baharvandi, 2022]، به اولویت بندی تخصیص بودجه تعمیر و نگهداری راه در شرایط عدم قطعیت پرداختند. آنها جهت مدیریت بهینه تعمیر و نگهداری روسازی جاده‌ها تحت عدم قطعیت بودجه از روش برنامه‌ریزی خطی با تابع هدف ارتقای سطح کیفی راه‌ها و محدودیت بودجه استفاده کرند. احدی، سلیمی و مهماندار [Ahadi et al, 2019] به ارائه مدل بهینه شناسی نقاط پرتصادف راه های دوخطه برون شهری ایران بر اساس شاخص‌های فراونی تصادفات، شاخص همسنگ خسارت مالی و برآورد بیز تجربی پرداختند. آنها نشان دادند که روش بیز تجربی با در نظر گرفتن ماهیت تصادفی تصادفات، با دقت بیشتری عمل کرده و در مقایسه با سایر روش‌ها، در تعیین نقاط پرتصادف راه‌های برون شهری بهتر است. زارع میرحسینی، ندیمی و محمدیان امیری .[Zare Mirhoseyni et al, 2019] از روش تصمیم گیری تاپسیس (TOPSIS) برای رتبه بندی نقاط خادثه خیز برون شهری محور ایرانشهر–چابهار بهره برداری نمودند. حقیقی و کریمی مسکونی [Haghighi & Karimi Maskuni, 2019] تحلیل جامع روش‌های شناسایی نقاط پرتصادف را انجام دادند. آنها هشت روش معمول شناسایی نقاط پرتصادف شامل فراوانی تصادف، شاخص همسنگ خسارت مالی، مقدار P، نرخ تصادف، معیار ترکیبی، تجربی بایس و مبتنی بر خطر اجتماعی را بررسی و در مورد محور جیرفت–کرمان مقایسه کرده و به این نتیجه رسیدند که روش تجربی بایس، سازگارترین روش برای شناسایی مکان‌های پرتصادف می‌باشد و روش‌های فراوانی تصادف و نرخ تصادف و معیار ترکیبی پس از روش تجربی بایس به علت شناسایی نقاط پرتصادف مشابه، نتایج ارزیابی یکسانی دارند. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد که روش شاخص همسنگ خسارت مالی براساس ضرایب کشور کره‌جنوبی ضعیف‌ترین عملکرد را میان تمامی روش‌های شناسایی نقاط پرتصادف دارا می‌باشد. فرانکو و همکاران [Fancello, Carta & Fadda, 2019]، روشی برای شناسایی بحرانی‌ترین بخش‌های جاده در شبکه‌های شهری از نظر ایمنی راه از طریق روش چند شاخصه Electre، Vikor و Topsis با هشت شاخص ارائه کردند. آنها نتایج هر سه روش را با هم مقایسه شده و یک تحلیل حساسیت برای آزمایش پایداری نتایج انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که روش تاپسیس در تعیین رتبه‌بندی کامل بخش‌های بحرانی جاده بهترین عملکرد را دارد. همچنین مونتلا [Montella, 2010] روش‌های شناسایی نقاط پرتصادف شامل شاخص همسنگ مالی، نرخ تصادف، روش بیز تجربی بر مبنای کل تصادف و روش بیز تجربی بر مبنای شدت تصادف و در نهایت روش بهبود پتانسیل را در یکی از بزرگراه‌های ایتالیا مقایسه نمود. نتیجه مقایسه خروجی چنین روش‌هایی نشان داد که روش بیز تجربی (هم بر مبنای کل تصادف و هم بر مبنای شدت تصادف) عملکرد بهتری در پیش بینی نقاط پر خطر داشته است. بررسی در پیشینه نشان می‌دهد که تمرکز بر اولویت‌بندی نقاط پرتصادف بوده نه اولویت‌بندی راهکارهای ایمن سازی و اصلاحی. در برخی از پژوهش‌ها، اوزان شاخص ها توسط خبرگان و بدون استفاده از روش‌های علمی، معین شده است. از سوی دیگر در سالیان اخیر، مدل‌های نوین تصمیم‌گیری چندشاخصه توسعه یافته است. از جمله این روش‌ها، روش بهترین–بدترین (BWM) می‌باشد. این روش توسط رضایی [Rezaei, 2015] پیشنهاد شد و به دلیل رفع معایب روش‌هایی چون AHP، مورد استقبال محققین قرار گرفت. امیری و امامت [Amiri & Emamat, 2020] مدل برنامه ریزی آرمانی روش مذکور را توسعه دادند ولی مدل آنها بر اساس نظر یک فرد

خبره تشکیل شده است. در این پژوهش، یک مدل BWM گروهی پیشنهاد شده است که در آن از نظر چند خبره برای تعیین وزن شاخص‌ها استفاده شده است. بر این اساس، پس از محاسبه اوزان، از روش تاپسیس برای اولویت بندی راهکارهای اصلاح نقاط پرتصادف بهره برداری شده است.

۲-پیشینه تحقیق

نقاط پرتصادف: این نقاط عموماً در محل تقاطع‌ها و یا در طولی از راه تعریف می شوند. در کشورهای مختلف به اقتضای شرایط موجود و دقت ثبت تصادفات، برای شناسایی نقاط پرتصادف، راه به قطعاتی به طولهای مشخص تقسیم بندی و اطلاعات تصادفات در این قطعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. تعیین و تشخیص نقاط حادثه خیز را می‌توان به سه مرحله زیر تقسیم نمود:

۱. مشخص کردن نقاط حادثه خیز در شبکه راه‌ها
۲. اولویت بندی نقاط حادثه خیز (که عموماً با استفاده از بررسی ضریب منفعت به هزینه استفاده می‌شود)
۳. مطالعات قبل و بعد برای بررسی میزان اثرات راهکارهای‌اجرایی [Rouhi & Behzadi, 2014].

برای تعیین نقاط حادثه خیز، روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که بطور کلی می‌توان به دو دسته زیر تقسیم بندی نمود:

۱- روش‌های واکنش گرایانه مانند ممیزی ایمنی راه
۲- روش‌های پویش گرایانه

روش‌های واکنش گرایانه بر مبنای اطلاعات آماری از میزان تردد راه، تعداد و نوع تصادفات، توسعه یافته و دقت آن وابستگی زیادی به دقت جمع‌آوری و ذخیره سازی اطلاعات دارد. روش‌های پویش گرایانه مبتنی بر خصوصیت‌های فیزیکی و شرایط بهره برداری از راه می باشند. در واقع عملکرد ایمنی راه‌ها یا معابر موجود با تکیه بر عناصر کلیدی راه و نحوه بهره‌برداری از آن ارزیابی شده و شاخص ایمنی راه تعیین‌می‌گردد [Wany, Pei, Yang & Yuan, 2021].

در جدول ۱ برخی تعاریف نقاط پرتصادف و شناسایی آنها در کشورهای مختلف ارائه شده است.

جدول۱. تعاریف مربوط به نقاط حادثه خیز در کشورهای مختلف

نام کشور	تعریف نقاط پرتصادف
بلژیک	تصادف جرحی در سه سال در تقاطع یا قطعات راه به طول ۱۰۰ متر و هنگامی که مقدار p برابر یا بیشتر از ۱۵ شود نقطه حادثه خیز نامیده می شود. نحوه محاسبه: $P = X + 3Y + 5Z$ که در آن X تعداد کل افراد مجروح شده، Yتعداد کل افراد مجروح شده شدید و Zتعداد کل افراد کشته شده
آمریکا	ایالت کنتاکی- شهری: ۱٤ تصادف در سه سال -جاده‌ای: ۵ تصادف در سه سال -فاکتور نرخ بحرانی بیشتر از یک ایالت کلرادو: ۷ تصادف فقط خسارتی یا جرحی، یا ۳ تصادف فوتی در سه سال -ایندکس خطر جاده بیشتر یا مساوی با صفر -احتمال دوجمله ای بالای۹۰ درصد .در آمریکا سیاستگذاری برای چشم انداز تعداد صفر تلفات رانندگی توسط بعضی از ایالتها و آژانس های محلی پذیرفته شده است.
آلمان	قطعات راه به طول ۳۰۰ متر -وقوع ۵ تصادف مشابه در طول یکسال -وقوع ۳ تصادف فوتی و یا جرحی شدید در طول پنج سال اخیر -وقوع ۵ تصادف جرحی در سه سال گذشته

نام کشور	تعریف نقاط پرتصادف
یونان	تعداد کشته شدگان بیش از نودمین یا نود و هفتمین درصد یک توزیع پواسون که با یونان معیارهای یک قطعه راه مشابه ساخته شده است.
استرالیا	الف) تقاطعات و یا قطعاتی از راه که طولی کمتر از ۳ کیلومتر دارند: ۳ تصادف جرحی در ۵ سال راههای محلی درون شهری: ۵ تصادف در ۵ سال راههای ایالتی درون شهری:۱۰ تصادف در ۵ سال ب) قطعاتی از راه که طولی بیشتر از ۳ کیلومتر دارند: میانگین ۰/۲ تصادف جرحی در کیلومتر در سال در یک دوره ۵ ساله راه‌های محلی درون شهری: میانگین ۲ تصادف در هر کیلومتر در ۵ سال راه‌های ایالتی درونشهری: میانگین ۳ تصادف در هر کیلومتر در ۵ سال نسبت هزینه به فایده بیشتر یا مساوی
انگلیس	اسکاتلند: تصادف جرحی در سه سال در شعاع‌های ۱۰۰ متری انگلستان :تعیین توسط مقامات محلی قطعه راهی به طول ۳۰۰ متر – محلی که مجموع تصادفات جادهای در آن بیش از ۱۲ تصادف در سه سال است.
پرتغال	محلی با ۲۰۰ متر طول پرتغال -با بیش از ۵ تصادف
ایرلند	ضوابط بسیار متفاوتی بر اساس قوانین محلی بکار رود.
هلند	تعیین توسط مقامات ایالتی راه معمولاً یک تقاطع -وقوع حداقل ۱۰ تصادف در مجموع و یا وقوع حداقل ۵ تصادف با مشخصات مشابه دوره تحلیل سه تا پنج سال است.
سوئد	دیگر برنامه‌های نقاط حادثه خیز را اجرا نمی‌کند. ایجاد سیاستگذاری چشم انداز صفر تلفات رانندگی (Vision Zero) را در دستور کار دارد.

منبع: معاونت و سازمان حمل ونقل و ترافیک شهرداری تهران (۱۳۹۵)

تعاریف زیر مطابق دستورالعمل شماره ۸۹۸۶۳، سال ۱۳۹۳وزارت راه وشهرسازی ارائه شده است:

نقطه دارای تصادف: به نقطه‌ای از راه یا قطعه ای حداکثر به طول ۳۰۰ متر که در آن حداقل یک تصادف خسارتی یا جرحی یا فوتی اتفاق افتاده باشد.

شاخص تصادفات: عددی است که برای یک نقطه دارای تصادف از یک راه و در دوره زمانی مطالعه مطابق دستورالعمل کمیسیون ایمنی راه، محاسبه می‌شود.

نقطه پرتصادف: نقطه‌ای که حداقل ۲ تصادف فوتی یا ۳ تصادف جرحی یا ۱ تصادف فوتی بعلاوه ۲ تصادف جرحی در دوره زمانی حداکثر تا ۳ سال قبل از شروع هر دوره شناسایی و اولویت‌بندی شده باشد.

قطعات تصادف خیز: طبق مصوبه سال ۱۳۹۳ کمیسیون ایمنی راههای کشور، موقعیت تصادف که گاهی به عنوان قطعات تصادف خیز شناخته می شود را می‌توان به گروه‌های چهارگانه طبقه بندی کرد: ۱-موقعیت منفرد مانند یک تقاطع یا قوس راه.۲-طولی از راه(مقطع) مانند طول یک راه برون شهری یا ورودی شهرها.۳-یک ناحیه از شبکه راه مانند ناحیه ترافیکی محلی.٤-موقعیت‌های مختلف از شبکه راه که عامل تصادف خیز مشترکی دارند مانند محل‌های انتهایی گاردریل‌های مهار نشده.

با توجه به آخرین دستورالعمل راهور ناجا (دستورالعمل شماره ۸۹۷)، چگونگی تعیین نقاط پرتصادف دربازه زمانی سه ساله به شرح فرمول ذیل محاسبه می‌شود. اگر عدد p به ۳۰ برسد آن نقطه پرتصادف خواهد بود و در این تحقیق نیز از این دستورالعمل بهره برداری شده است.

$$P = \frac{۱}{۲}x + ۳y + ۹z \qquad (۱)$$

که در آن:

x=تعداد تصادفات خسارتی

y=تعداد تصادفات جرحی

Z=تعداد تصادفات فوتی

۳- روش شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی است. همچنین از نظر روش گردآوری داده‌ها، اسنادی و میدانی می‌باشد. جامعه آماری، تمامی تصادفات بازه زمانی سال‌های ۹۸ تا ۱۴۰۰ شهرستان سنندج می‌باشد و با توجه به اسنادی بودن تحقیق در بخش اول (شناسایی نقاط)، نیازی به نمونه گیری نبوده و جامعه آماری به صورت تمام شمار در نظر گرفته شده است. داده‌ها در قالب کروکی‌های ترسیم و ثبت شده مربوط به بازه زمانی مذکور است که مستند و مورد تایید پلیس راهنمایی و رانندگی و اداره کل پزشکی قانونی استان کردستان می باشد. جامعه آماری بخش دوم (اولویت بندی راهکارها) کارشناسان خبره ایمنی ترافیک راهور تهران بزرگ و شهرداری تهران دارای بیش از ۱۰ سال سابقه مرتبط است. اندازه نمونه ٤ نفر و نمونه‌گیری به صورت هدفمند انجام شده است. روش تحلیل داده‌ها، مدل توسعه داده شده تصمیم‌گیری چندشاخصه *BWM* گروهی و تاپسیس است. در این تحقیق برای بهره برداری از *BWM* گروهی، روش جدیدی ارائه شده که توسعه مدل برنامه ریزی آرمانی امیری و امامت [Amiri & Emamat, 2020] در حالت چند خبره می‌باشد که مراحل آن در ادامه ارائه شده است. تعداد اعضای جامعه خبرگان (تصمیم گیرندگان) برابر با N در نظر گرفته شده است.

گام ۱: مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین شود.

گام ۲: هر تصمیم‌گیرنده (خبره) بهترین شاخص (B) و بدترین شاخص (W) را مشخص نماید.

گام ۳: تصمیم‌گیرنده kام ارجحیت بهترین شاخص را نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نماید. بردار ارجحیت بهترین به سایرین عبارت است از:

$$A_n^k = (a_{B۱}^k, a_{B۲}^k, ..., a_{Bn}^k) \quad ,k = ۱, ..., N$$

گام ٤: هر تصمیم‌گیرنده ارجحیت همه شاخص‌ها را نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱تا ۹ مشخص نماید. بردار ارجحیت سایرین به بدترین عبارت است از:

$$A_w^k = (a_{۱W}^k, a_{۲W}^k, ..., a_{nW}^k) \quad ,k = ۱, ..., N$$

در اینجا a_{Bj}^k و a_{jW}^k به ترتیب مقدار ارجحیت بهترین شاخص به شاخص j ام و مقدار ارجحیت شاخص jام به بدترین شاخص از نظر خبره k ام می باشد.

گام ۵: حل مدل: برای محاسبه اوزان، برنامه ریزی غیر خطی (۲) مدلسازی شده است. مدل (۲) به مدل برنامه ریزی آرمانی (۳) تبدیل شده است. λ_k وزن یا درجه برتری خبره k ام می باشد.

$$\begin{aligned}
&\min \xi \\
&s.t. \\
&\quad \xi \geq \lambda_k \xi_k, \\
&\quad \left|W_B - a_{Bj}^k W_B\right| \leq \xi_k, \quad j = ۱, ..., n; k = ۱, ..., N \\
&\quad \left|W_j - a_{jW}^k W_W\right| \leq \xi_k, \quad j = ۱, ..., n; k = ۱, ..., N \qquad (۲) \\
&\quad \sum_{j=۱}^{n} W_j = ۱, \\
&\quad W_j \geq ۰, \quad j = ۱, ..., n \\
&\xi_k \geq ۰, \quad k = ۱, ..., N
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\min \xi \\
&s.t. \\
&\xi \geq \lambda_k \sum_j \left(y_j^+ - y_j^-\right) + \lambda_k \sum_j \left(z_j^+ - z_j^-\right), \\
&W_B - a_{Bj}^k W_j = y_j^{k+} - y_j^{k-}, \quad j = ۱, ..., n; k = ۱, ..., N \\
&W_j - a_{jW}^k W_W = z_j^{k+} - z_j^{k-}, \quad j = ۱, ..., n; k = ۱, ..., N \qquad (۳) \\
&\sum_{j=۱}^{n} W_j = ۱, \\
&W_j, y_j^+, y_j^-, z_j^+, z_j^- \geq ۰, \quad j = ۱, ..., n \\
&\xi_k \geq ۰, \quad k = ۱, ..., N
\end{aligned}$$

٤- یافته‌ها

در این بخش ابتدا به تحلیل داده های مربوط به کروکی‌ها پرداخته شده است. با توجه به دستورالعمل ذکر شده در مبانی نظری، راهور شهر سنندج با همکاری کارشناسان حوزه ایمنی ترافیک شهرداری، پنج خیابان اصلی شهر را به عنوان نقاط پرتصادف به شرح جداول ۲ و ۳ شناسایی و جمع بندی نموده است. از ذکر جزئیات محاسبه سایر خیابان‌ها، به دلیل حجم زیاد داده‌ها خودداری شده است و تنها داده‌های خیابان‌های بهشت محمدی، پاسداران، مستضعفین، نایسر و آبیدر به عنوان خیابان‌های پرتصادف ارائه شده است.

جدول ۲. نقاط پرتصادف شهر سنندج

ردیف	نام خیابان	سال۹۸			سال۹۹			سال۱٤۰۰			جمع کل		
		خسارتی	جرحی	فوتی	خسارتی	جرحی	فوتی	خسارتی	جرحی	فوتی	خسارتی	جرحی	فوتی
۱	بهشت محمدی	٤	۲٦	۱	۲	۲۱	۲	۱۳	۲۵	۱	۱۹	۷۲	٤
۲	پاسداران	۱۲	۷٤	۰	۱۹	۱۰۰	۱	۲۰	٤۹	۳	۵۱	۲۲۳	٤
۳	مستضعفین	۰	۳۲	۱	۱۰	٦۰	۲	۲۰	۳۷	۲	۳۰	۱۲۹	۵
٤	نایسر	۵	۱۲	۰	۱	۱۱	۰	٦	۷	۱	۱۲	۳۰	۱
۵	آبیدر	۵	۲۵	۱	٤	۱۵	۰	۱۱	۲٦	۱	۲۰	٦٦	۲

جدول۳. پیاده‌سازی دستورالعمل

ردیف	نام خیابان	تعداد تصادفات خسارتی	تعداد تصادفات جرحی	تعداد تصادفات فوتی	محاسبه نقطه پرتصادف طبق دستورالعمل۸۹۷ راهور ناجا (۱۳۹۰) $P=½x+3y+9z$	نتیجه $P>۳۰$
۱	بهشت محمدی	۱۹	۷۲	٤	۲٦۱.۵	تأیید
۲	پاسداران	۵۱	۲۲۳	٤	۷۳۰,۵	تأیید
۳	مستضعفین	۳۰	۱۲۹	۵	٤٤۷	تأیید
٤	نایسر	۱۲	۳۰	۱	۱۰۵	تأیید
۵	آبیدر	۲۰	٦٦	۲	۲۲٦	تأیید

اولویت بندی راهکارهای اصلاح نقاط شناسایی شده: با توجه به نظر خبرگان، شاخص های در نظر گرفته شده در این تحقیق برای اولویت بندی راهکارهای اصلاح نقاط عبارتند از کاهش تصادفات (C_1)، هزینه اجرا (C_2) و زمان اجرا (C_3) صورت گرفته است.

در ابتدا وزن سه شاخص مذکور محاسبه شده است. برای محاسبه وزن شاخص‌ها، از روش *BWM* گروهی که در در این تحقیق پیشنهاد شده بهره‌برداری شده است. بدین منظور ابتدا نظر خبرگان در خصوص بهترین و بدترین شاخص درخواست شده است. بر اساس نظر آنان، «کاهش تصادفات» مهمترین و «زمان اجرا» کم اهمیت‌ترین شاخص در تعیین بهترین گزینه اصلاح نقاط پرتصادف مورد نظر قرار گرفت. در واقع بین خبرگان در مورد بهترین و بدترین شاخص اتفاق نظر وجود دارد. قضاوت‌های زوجی مورد نظر آنها در قالب اعداد ۱ تا ۹ طی جداول ٤ و ۵ گردآوری شده است. ضمناً بین خبرگان این تحقیق برتری و اولویتی وجود ندارد. پیاده سازی مدل برنامه ریزی آرمانی *BWM* گروهی (۲) که در این تحقیق پیشنهاد شد، منجر به تعیین اوزان مولفه‌های مدل و متغیرهای کمکی در قالب جدول ٦ شده است.

جدول ٤. نظر خبرگان در مورد اولویت مهمترین شاخص بر سایر شاخص‌ها

خبره	۱	۲	۳	٤
بهترین شاخص	کاهش تصادفات	کاهش تصادفات	کاهش تصادفات	کاهش تصادفات
کاهش تصادفات	۱	۱	۱	۱
هزینه اجرا	٤	٥	٦	۳
زمان اجرا	٥	٤	۳	٥

جدول ٥. نظر خبرگان در مورد اولویت شاخص‌ها بر بدترین شاخص

خبره	۱	۲	۳	٤
بدترین شاخص	زمان اجرا	زمان اجرا	زمان اجرا	زمان اجرا
کاهش تصادفات	٥	٤	۳	٥
هزینه اجرا	۱	۳	۲	۱
زمان اجرا	۱	۱	۱	۱

جدول ٦. اوزان شاخص‌ها حاصل از روش *BWM*

شاخص	وزن
هزینه اجرا	۰,۳۲۱
زمان اجرا	۰,۲۲٦
کاهش تصادفات	۰,٤٥۳

همچنین مقدار نرخ سازگاری برابر است با ۰/۰۹۲ این مقدار، کمتر از ۰/۱ می باشد که نشان دهنده سازگاری وزن‌های محاسبه شده می‌باشد. در ادامه، به منظور اولویت بندی گزینه های موجود برای خیابان‌های ذکر شده، از وزن‌های بدست آمده توسط BWM، برای مدل TOPSIS استفاده شده است. گزینه‌های اصلاحی عبارتند از: نصب علائم هشدار دهنده، نصب پل عابر پیاده، نصب سرعتکاه، اصلاح هندسی و نصب دوربین، که با توجه به کمبود بودجه، اجرای هر کدام از گزینه‌ها باید بر اساس اولویت‌بندی صورت گیرد. در جدول ۷ هزینه و زمان اجرای هر برنامه ارائه شده است. علی رغم ثابت بودن هزینه و زمان اجرای گزینه‌ها، باید توجه داشت که برخی نقاط، نیاز به نصب علائم و پل عابرپیاده یا نیاز به مساحت بیشتری از اصلاح هندسی دارند. به این دلیل، برآورد هزینه و زمان اجرا برای هر نقطه پرتصادف، مقادیر متفاوتی محاسبه شده است. در جدول ۸ مقادیر برآورد شده به همراه میانگین نظر خبرگان، در خصوص میزان تأثیر هر کدام از اقدامات در کاهش تصادفات نقطه پرحادثه ارائه شده است. نظرات خبرگان در قالب اعداد ۱ تا ۹ معادل مقادیر کیفی خیلی کم تا خیلی زیاد دریافت شده است. حل مدل تلفیقی GBWM-TOPSIS با در نظر گرفتن جنبه منفی برای شاخص هزینه و زمان منجر به رتبه‌بندی راهکارهای اصلاحی برای پنج خیابان شناسایی شده طبق جدول ۹ گردیده است.

جدول ۷. هزینه و زمان اجرای هر برنامه

نوع اصلاح	زمان اجرا	هزینه اجرا
نصب علائم هشدار دهنده (تابلو،چراغ چشمک زن، نصب چشم گربه‌ای)	به ازای نصب هر تابلو(٤ ساعت) –به ازای نصب هر چراغ چشمک زن (١٦٨ ساعت)– به ازای یک ردیف چشم گربه ای (٦ ساعت)	هرتابلو (۵۰۰ هزارتومان)، چراغ چشمک زن(۸ میلیون تومان)، یک ردیف چشم گربه‌ای (یک میلیون و پانصد هزار تومان)
نصب پل عابر پیاده	به ازای نصب هر پل مکانیزه یکسال (٨٦٤٠ ساعت) به ازای پل عابر معمولی، شش ماه (٤٣٢٠ ساعت)	پل عابر پیاده مکانیزه (۵ میلیارد تومان)– پل عابر پیاده معمولی (۳ میلیارد تومان)
نصب سرعتکاه	به ازای نصب هر سرعتکاه آسفالتی (٤٨ ساعت)– هرسرعتکاه پلاستیکی (٢٤ ساعت)	هر سرعت‌کاه آسفالتی استاندارد (۱۵ میلیون تومان)– سرعتکاه پلاستیکی (۵ میلیون تومان)
اصلاح هندسی	حداقل ۲ سال یعنی (۱۷۲۸۰ساعت)	۱– احداث زیرگذر (میانگین ۱۰۰ میلیارد تومان) – تعریض معبر (میانگین ۵۰ میلیارد تومان)
نصب دوربین ثبت تخلف	به ازای نصب یک دوربین ۱۵ روز (۳٦٠ساعت)	هر دوربین ثبت تخلف(۳۰۰ میلیون تومان)

منبع: ادارات مهندسی و ایمنی ترافیک استان‌های کرمانشاه و کردستان–مرداد ۱۴۰۱

جدول ۸. راهکارهای اصلاح نقاط پرتصادف خیابان‌ها

گزینه	مستضعفین			پاسداران			آبیدر			بهشت محمدی			نایسر		
	هزینه	زمان	کاهش تصادفات	هزینه	زمان	کاهش تصادفات	هزینه	زمان	کاهش تصادفات	هزینه	زمان	کاهش تصادفات	هزینه	زمان	کاهش تصادفات
نصب علائم هشدار دهنده	٤٧٠	٧٩٢	١,٨	٨٩٠	١٥٤٤	٢,١	٥١٠	٦١٦	١,٩	٦٤٠	٨٢٤	٢,٤	٢,٨	١٣٧٦	٢,١
نصب پل عابر پیاده	٨٠	١٢٩٦٠	١,٥	١٥٠٠	١٧٢٨٠	٢,٠	٧٠٠	٢٥٩٢٠	١,٨	١٠٠٠	١٧٨٠	٢,٣	٨٥٠	٨٦٤٠	٢,٠
نصب سرعتکاه	٢,٥	١١٧٦	٢,٢	٤,٥	١٥٠٠	١,٨	٥,٧	١٩٢٠	١,٦	٧,٢	٢٤٠٠	٢,٢	٣,٧	١٣٢٠	٢,٣
اصلاح هندسی	١٠٠٠	١٧٢٨٠	٢,٦	٢٥٠	٤٣٢٠٠	٢,١	٨٠	١٢٩٦٠	١,٤	٥٠	٨٦٤٠	٢,٦	٢٦٠	٤٣٢٠٠	٢,٧
نصب دوربین ثبت تخلف	١٢	١٤٤٠	١,٨	٣٠	٣٦٠٠	١,٨	٢٠	٢٨٨٠	١,٥	٣٠	٥٧٦٠	٢,٥	١٥	٣٦٠٠	٢,٤

جدول ۹. نتایج رتبه بندی راهکارهای اصلاح نقاط پرتصادف خیابان‌ها

گزینه	نایسر	بهشت محمدی	آبیدر	پاسداران	مستضعفین
نصب علائم هشدار دهنده	٣	٢	١	١	٢
نصب پل عابر پیاده	٤	٥	٣	٢	٥
نصب سرعتکاه	١	٣	٢	٣	١
اصلاح هندسی	٥	٤	٥	٥	٤
نصب دوربین ثبت تخلف	٢	١	٤	٤	٣

۵- نتیجه‌گیری

اصلاح نقاط پرتصادف نیاز به زمانبندی مناسب و امکانات کافی است. در شرایطی که محدودیت زمان، امکانات و کمبود و احدهای پشتیبانی وجود دارد، اولویت‌بندی اصلاح نقاط پرتصادف یکی از راهکارهای مناسب مدیریتی برای دستیابی نسبی به هدف کاهش تصادفات است. با بهسازی و مرمت برخی از نقاط و تخصیص منابع محدود موجود به برخی از پروژه‌ها، زمینه اتمام سریع‌تر آنها فراهم می‌آید؛ ضمن آنکه بقیه نقاط هم فراموش نشده و در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. در این تحقیق، پنج نقطه از معابر درون شهری شهر سنندج، برابر دستورالعمل ۸۹۷ راهور ناجا به عنوان نقاط پرتصادف شناسایی شد. در ادامه، راهکارهای اصلاحی با نظر خبرگان بر اساس سه شاخص کاهش تصادفات، زمان اجرا و هزینه اجرا برای هر منطقه اولویت بندی شد. از روش BWM گروهی که در این تحقیق توسعه داده شد، برای تعیین اوزان شاخص‌ها و از روش TOPSIS، برای اولویت‌بندی راهکارها بهره برداری شد. بر این اساس، با حل مدل تلفیقی GBWM-TOPSIS، مهمترین شاخص، کاهش تصادفات با وزن ۰/٤٥٣ بود. اولویت نخست راهکارهای اصلاحی نیز برای خیابان‌های نایسر و مستضعفین نصب سرعتکاه، برای خیابان بهشت محمدی، نصب دوربین ثبت تخلف و برای خیابان‌های آبیدر و پاسداران نصب علائم هشدار دهنده محاسبه شد. نتیجه بالا از نظر بهره برداری از روش تاپسیس برای نقاط پرتصادف با یافته [Zare Mirhoseyni et al, 2019] همخوانی دارد ولی آنها تنها نقاط را رتبه بندی نموده‌اند و در پی اولویت‌بندی راهکارها نبودند. با توجه به محدودیت منابع مالی، پیاده سازی روش ارائه شده در این تحقیق به مدیران شهرداری‌ها، وزارت راه و ترابری و شهرداری‌ها پیشنهاد می‌گردد. البته نتایج روش پیشنهادی زمانی میسر است که بانک اطلاعاتی دقیقی از تصادفات در پلیس راهور و دیگر سازمان‌های ذی ربط در امر ترافیک ایجاد شده و داده‌ها در دسترس محققین قرار گیرد. از جمله اقداماتی که در این زمینه بسیار اهمیت دارد ثبت مختصات جغرافیایی در فرم‌های کام تصادفات می باشد.

٦- مراجع

-احدی، محمدرضا، سلیمی کوچی، محمد باقر و مهماندار، محمدرضا (۱۳۹۷). ارائه مدل بهینه شناسی نقاط پرتصادف راه‌های دو خطه برون شهری ایران، *فصلنامه علمی پژوهشی راهور*، ۲٦، ۱۵-۱.

-حقیقی، فرشیدرضا و کریمی مسکونی، اسمعیل (۱۳۹۷). تحلیل جامع روش‌های شناسایی نقاط پرتصادف بر اساس مطالعه میدانی، *پژوهشنامه حمل و نقل*. ۱۵(٤)، ۹۵-۸۱.

-زارع میرحسینی، امیرحسین؛ ندیمی، نوید و محمدیان امیری، امیر (۱۳۹٦). ارائه مدلی جهت رتبه بندی نقاط پرتصادف در راه های برون شهری با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره، رشت، *اولین کنفرانس مهندسی راه و ترابری*، ۸۸-۷٦.

-روحی عباس و بهزادی، غلامعلی (۱۳۹٤). اولویت بندی ٤ روش پر کاربرد شناسایی نقاط حادثه خیز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، *دومین کنفرانس پژوهش‌های نوین در عمران*، معماری و شهرسازی، استانبول، ترکیه.

-مویدفر، رضا و بهاروندی، میلاد (۱٤۰۰). مکانیزم اولویت بندی تخصیص بودجه تعمیر و نگهداری راه در شرایط عدم قطعیت (مطالعه موردی: محور خرم آباد – درود)، *پژوهشنامه حمل و نقل*، ۱۸(۲)، ۳٤-۱۵.

-معاونت و سازمان حمل ونقل و ترافیک شهرداری تهران (۱۳۹۵). ضوابط تعیین نقاط حادثه خیز درون شهری، *فصلنامه رهیافت اندیشه فردا*.

-Amiri, M. & Emamat, M. (2020). A Goal Programming Model for BWM, *INFORMATICA*, 31(1), 21–34.

-Cesario, E. Uchubile, P. Vinci, A. (2022). Multi-density urban hotspots detection in smart cities, *Pervasive and Mobile Computing*, 86, 32-50.

-Fancello, G., Carta, M. & Fadda, P. (2019). Road intersections ranking for road safety improvement: Comparative analysis of multi-criteria decision making methods, *Transport Policy*, 80, 188-196.

-Montella, A. (2010). A Comparative Analysis of Hotspot Identification Methods. *Accident Analysis Prevention*, 42 (2), 571-58.

-Rezaei, J. (2015). Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method. *Omega*, 53, 49–57.

-Wany, X. Pei, Y. Yang & M. Yuan, J. (2021). Meso-level hotspot identification for suburban arterials Analysis Prevention, *Accident Analysis and Prevention*, 156, 67-99.

Identification and Prioritization of Methods to Correct Accident Black Spot using the Integrated Model Group BWM-TOPSIS

Saeed Ramezanzadeh, Department of Engineering and Basic Sciences, Faculty of Logistic, Amin University, Tehran, Iran.
Behzad Darayandeh, Department of Traffic Engineering, Faculty of Traffic, Amin University, Tehran, Iran, Tehran, Iran.
Musa Mahmudi, Department of Traffic Engineering, Faculty of Traffic, Amin University, Tehran, Iran, Tehran, Iran.

E-mail: ramezan.s@gmail.com

Received: June 2024- Accepted: September 2024

ABSTRACT
With the progress and development of road transportation, today's world is witnessing an increase in accidents and the imposition of financial, human and spiritual costs on the society. Based on this, managers and planners have identified and corrected high-accident points. But the implementation of corrective solutions in these areas is faced with the limitation of financial resources and so on. The purpose of this research is to identify high-accident points in the city of Sanandaj and to prioritize the corrective solutions of said points. The research method is applied in terms of purpose and descriptive in nature. The statistical population of the research was considered to be all accidents between the years 1998 to 1400 in Sanandaj city .Also, the statistical population of the second part (prioritization of solutions) was traffic safety experts and Municipality of Sanandaj, and sampling was done in a targeted manner. The method of data analysis was the developed model of BWM multi-criteria decision-making goal programming in multi-expert mode and its combination with TOPSIS. The results of the implementation of the model in Sanandaj city indicated that 5 points, Nayser, Mostazafein, Behesht Mohammadi, Abidar and Pasdaran streets are high in accidents, and the first priority is the correction solutions for Nayser and Mostazafein streets, installation of speed bumps, for Behesht Mohammadi street, installation of cameras to record violations and installation of warning signs for Abider and Pasdaran streets.

Keywords: Accident black Spot, Prioritization, Best Worst Method (BWM), TOPSIS