نشریه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت Journal of Quality & Standard Management (JQSM) www.jstandardization.ir



نوع مقاله: پژوهشی

حكىدە

ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه

حمید رحیمی*^۱، مسلم عزیزی بندر آبادی^۲

۱ دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، رئیس گروه رسیدگی به سوانح راهآهن ۲ دانشجوی دکتری برنامهریزی حملونقل، دانشگاه علم و صنعت ایران

سابقه مقاله

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹،۱۰،۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰،۰۴،۲۷

ارائه یک دید جامع نسبت به وضعیت ایمنی واحدهای مکانی ریلی مشابه در مقیاس کلان (مانند مناطق راهآهن موجود در کشور)، گامی اولیه اما بسیار مهم برای شناسایی خطمشیهایی است که میتواند به تسریع روند پیشرفت در بهبود ایمنی ریلی کمک کند. معمولاً مطالعات قبلی بیشتر ارزیابی مناطق ریلی راهآهن بودهاند به گونهای که شاخصهای مربوط به ایمنی بخشی از این ارزیابی بودهاند، درحالی که هدف مطالعه حاضر ارائه رویکردی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن بهتنهایی با تأکید بر ظرفیت و توانمندی هر منطقه است. در این رویکرد با لحاظ نمودن وجوه مختلف عوامل مؤثر بر ایمنی ریلی، به خصوص ظرفیت و توانمندی هر منطقه است. در این رویکرد با لحاظ نمودن وجوه مختلف عوامل مؤثر بر ایمنی ریلی، به خصوص ظرفیت و توانمندی هر منطقه مقایسهای منصفانه تر در مورد وضعیت معنیرهای مؤثر بر ایمنی و با درنظرگرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه توسعه داده شده است. در دادامه با استفاده از مطالعات پیشین، معیارهای موردنیاز جهت پیاده سازی این چارچوب مفهومی، انتخاب شد. در گام بعد جهت ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن کشور در قالب چارچوب مفهومی ارائه شده، مدل پوششی دادهها است. در این ارزیابی ایمنی ریلی میلی مناطق راهآهن کشور در قالب چارچوب مفهومی ارائه شده، مدل تحلیل پوششی دادهها استفاده از ایمنی ریلی مناطق راهآهن کشور در قالب چارچوب مفهومی ارائه شده، مدل تحلیل پوششی داده ها ایمنی ریلی داد مناز ازیابی از داده های سال ۱۳۹۸ مناطق راهآهن استفاده شده است. با توجه به اینکه در این ارزیابی ایمنی ریلی در این ارزیابی از داده های سال ۱۳۹۸ مناطق راهآهن استفاده شده است. با توجه به اینکه در این ارزیابی نشان داد که منطقه ۱ بهترین کارایی اندرسون – پترسون نیز برای مناطق ریلی راهآهن محاسبه شد. نتایج این مدل نشان داد که منطقه ۱ بهترین کارایی و منطقه ۲۰ کمترین کارایی را در زمینه ایمنی ریلی در سال ۲۹۸۷ داشتاند. در انتها نیز جوامع مرجع برای هر منطقه راهآهن در این ارزیابی مشخص و همچنین پیشنهادهایی جهت بهترشدن عملکرد هر نیز جوامع مرجع برای هر منطقه راهآهن در این ارزیابی مشخص و همچنین پیشنهادهایی جهت بهترشدن عملکرد هر میظقه در زمینه ایمنی داده شد.

واژگان کلیدی: ارزیابی ایمنی مناطق ریلی، ظرفیت و توانمندی مناطق ریلی، تحلیل پوششی دادهها، DEA، اندرسون– پیترسون

۱ مقدمه

برای بهبود وضعیت ایمنی ریلی مناطق راهآهن، ارزیابی دقیق هر منطقه که بتواند بهطور کمّی وضعیت ایمنی مناطق را برآورد کرده و از نتایج آن برای برنامهریزیهای بعدی و بررسی پیشرفتهای حاصله و شناخت نقاط ضعف احتمالی استفاده کرد، یک ضرورت است. توصیه میشود بهمنظور آگاهی از وضعیت موجود، از ایمنی مناطق و اطلاع از پیشرفت و یا افت عملکرد آنها پایش مداومی از عملکرد این مناطق صورت گیرد.

بنابراین ارائه یک دید جامع نسبت به وضعیت ایمنی واحدهای مکانی ریلی مشابه در مقیاس کلان (مانند مناطق راهآهن موجود در کشور)، گامی اولیه اما بسیار مهم برای شناسایی خطمشیهایی است که میتواند به تسریع روند پیشرفت در بهبود ایمنی کمک کند. چنین ارزیابیهایی به مسئولان و تصمیم گیران هر منطقه کمک می کند که از نقاط ضعف و قوت عملکرد خود در بهبود ایمنی ریلی نسبت به سایر مناطق اطلاع یافته و با شناسایی و الگوگیری از موفق ترین واحدها، برنامههای عملیاتی و خطمشیهای آینده خود را اصلاح نمایند.

از طرفی دیگر درحالی که همه محققان تصوری واضح از مفهوم ایمنی دارند، این مفهوم به آسانی قابل تعریف و تشریح نیست و همیشه برای بررسی و مقایسه ایمنی در هر مسیر و یا ریل از شاخصهایی که نمایانگر کمبود یا فقدان ایمنی است استفاده می کنند. به عبارتی با نقیض آن مقایسه می شود. برای مثال هر چه تعداد فوتی ها و یا تصادفات در یک مسیر ریلی بیشتر باشد متخصصان ایمنی، سطح ایمنی پایین تری را برای آن مسیر متصور خواهند بود. هنگامی که متخصصان ایمنی، سطح ایمنی پایین تری را برای آن مسیر متصور خواهند بود. هنگامی که متخصصان بخواهند ایمنی ریلی دو منطقه راه آهن را با هم مقایسه کنند، با موضوع به مراتب پیچیده تری روبه رو هستند؛ زیرا برای تعریف سطح ایمنی در این مقیاس، باید نگاه جامع تری به موضوع موردنظر داشته و همچنین عوامل متعددی را در نظر گیرند. بنابراین هدف مطالعه حاضر ارائه یک مدل مفهومی ارزیابی ایمنی مناطق ریلی است. این مدل به گونه ای است که با در نظر گرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه در بهبود ایمنی، ارزیابی ایمنی ریلی مناطق را در یک بستر عادلانه انجام خواهد داد.

۲ پیشینه تحقیق

برآورد میزان تفاوت در سطح ایمنی واحدهای مکانی مشابه در مقیاسهای مختلف جغرافیایی (از «نواحی یک منطقه» گرفته تا «شهرها» یا «استانهای یک کشور» و یا «کشورهای جهان») و بررسی عوامل مؤثر بر این تفاوت، در چند دهه گذشته موردتوجه پژوهشگران در سرتاسر جهان قرار گرفته است. بهطورکلی میتوان گفت دو جریان اصلی در میان مطالعات حوزه ایمنی، به بحث مقایسه و ارزیابی سطح ایمنی واحدهای مکانی در مقیاسهای مختلف و شناسایی واحدهای موفق و ناموفق از منظر بهبود ایمنی، پرداختهاند. در ادامه، این دو جریان مطالعاتی تشریح خواهند شد. لازم به ذکر است که این دو دسته از پژوهشها، تقدم و تأخّر زمانی نداشته و تنها در مقیاس جغرافیایی مطالعه، روش تحلیل و اهدافی که دنبال میکنند با یکدیگر تفاوت دارند.

در بخش اول از مطالعات حوزه ایمنی به شناسایی نقاط پر مخاطره در یک محدوده جغرافیایی مشخص میپردازند. این گونه مطالعات که سهم قابل توجهی از پژوهش های صورت گرفته در حوزه ایمنی را به خود اختصاص دادهاند؛ عمدتاً در مقیاس های خردنگر انجام می شود. برای مثال، ممکن است هدف مطالعه، رتبهبندی قطعات یک کریدور بزرگراهی [۵, ۶]، تقاطعهای یک شهر [۷] و یا نواحی مختلف در یک منطقه [۳]، براساس وضعیت ایمنی آن ها باشد. مهم ترین کاربرد این مطالعات، کمک به مسئولین حوزه ایمنی برای رتبهبندی وضعیت ایمنی در سطح شبکه و شناسایی نقاطی است که بیشترین نیاز را به ایمن سازی دارند. این موضوع به تخصیص بهتر بودجه و بهبود یکنواخت وضعیت ایمنی در سطح شبکه کمک می کند. از آنجاکه این گونه مطالعات بیشتر در مقیاس خردنگر انجام می شوند، از منظر تحلیلی کمترین ارتباط را با مسئله موردنظر در مطالعه حاضر دارند.

دسته دوم مطالعات، مقایسه سطح ایمنی واحدهای مکانی در مقیاس کلاننگر هستند که این مطالعات نسبت به مطالعات قبلی، شباهت بیشتری به مطالعه حاضر دارند. در این دسته از مطالعات تلاش می شود با استفاده از روش های مختلف به مقایسه ایمنی، رتبهبندی واحدهای

ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه ۶٨ موردمطالعه و همچنین اندازه گیری میزان کارایی هرکدام از واحدها یرداخته شود. در این مطالعات، از شاخص هایم، که بانام شاخص ایمنی شناخته می شوند، به عنوان معیار ارزیابی و مقایسه وضعیت ایمنی بهخصوص در مقیاسهای جغرافیایی کلان نگر مانند کشورها [۹]، استانها [10]، مناطق ريلي [11-19] و شهرستانها [٢٠]، استفاده می شود. هرچند مهم ترین مطالعاتی که از این رویکرد استفاده کردهاند، در سطح بینالمللی و باهدف ارزیابی و مقایسه وضعیت ایمنی کشورهای جهان انجام شدهاند [۱، ۲، ۲۱]. هدف اصلی در این دسته از مطالعات، برآورد وضعیت نسبی ایمنی در واحدهای موردمطالعه و شناسایی واحدهایی است که عملکرد بهتری نسبت به سایرین داشتهاند (۲۰]. نتایج چنین مطالعاتی می تواند در گام بعد به مسئولین هر واحد كمك كند كه از واحدهاى موفق، الگوبردارى كنند. مقايسه عملكرد واحدها و در گام بعد، الگوبرداری از عملکرد واحدهای موفق بهمنظور اتخاذ تصمیمهای مناسب و انجام اقدامات مشابه (مانند اصلاح خطمشیها و اولویتها، اتخاذ اهداف و برنامههای مشابه)، در سالهای اخیر بهعنوان رویکردی مطلوب برای تسریع در روند بهبود وضعیت ایمنی در سطح کلان مطرحشده است [۲، ۲۰، ۲۲]. این دسته از مطالعات، شامل دو بخش اساسی هستند: ۱) ارائه شاخصی که منعکس کننده سطح ایمنی در واحد موردمطالعه باشد [۲۳–۲۵] و ۲) اتخاذ روشی برای رتبهبندی واحدها و شناسایی واحدهایی که براساس شاخص تعیین شده، در بازه زمانی مطالعه، عملکرد بهتری در ایمنی داشتهاند [۲۶-۲۸].

درمجموع، مرور مطالعات پیشین حاکی از آن است که مطالعات بسیار اندکی تلاش کردهاند در قالب یک چارچوب نظری جامع به مقایسه سطح ایمنی ریلی مناطق راهآهن بپردازند. علاوهبر این، بیشتر مطالعاتی که در این حوزه انجامشده، در مقیاس بینالمللی بوده و مطالعات اندکی به مقایسه کارایی ایمنی واحدهای مکانی درون یک کشور پرداختهاند. بنابراین در این مطالعه هدف ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن در یک بستر عادلانه (با درنظر گرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه در بهبود ایمنی) است. شاخصهایی که در این ارزیابی موردتوجه خواهند بود، شاخصهایی

1. Benchmarking

هستند که نشاندهنده وضعیت ایمنی ریلی مناطق راهآهن در سطح کلان باشند. همچنین بررسی مطالعات پیشین نشان داد که در اغلب آنها مقایسات نواحی مبتنی بر یک چارچوب مفهومی جامع بنانهاده شدهاند. درواقع، در مطالعات تلاش شده است ابتدا یک چارچوب مفهومی توسعه داده شود و در گام بعد، بر روی ارائه یک شاخص مناسب که نماینده سطح ایمنی در واحدهای موردمطالعه باشد، تمرکز شود. بنابراین در ادامه ابتدا یک مدل مفهومی با توجه به هدف مطالعه حاضر پیشنهادشده و درنهایت معیار و روش موردنظر با توجه به این مدل مفهومی ارائه شده است.

۳ مبانی نظری

بهصورت کلی ارزیابیهای صورت گرفته برای ایمنی ریلی مناطق مختلف راهآهن را میتوان با سه دیدگاه متفاوت نشان داد. در دیدگاه اول فقط به عواملی که مفهوم کمبود ایمنی را تداعی میکنند، نگاه میشود. مبرهن است که در این دیدگاه، مناطقی که دارای خطوط ریلی و همچنین تردد قطار و واگنهای بیشتری هستند، در وضعیت نامطلوب تری قرار می گیرند. زیرا به دلیل افزایش حجم تردد در هر منطقه، تعداد تصادفات و تبعات آن بیشتر خواهد شد و این جدای از سطح ایمنی هر منطقه است.

در دیدگاه دوم علاوهبر عوامل تداعی کنندهی کمبود ایمنی در ریلهای هر منطقه، مؤلفههایی که میزان در معرض قرارگیری^۱ (میلیون قطار کیلومتر، هزار تن کیلومتر بار، هزار نفر کیلومتر جابهجا شده و …) در مقیاس منطقهای را نشان میدهند نیز در نظر می گیرد. بنابراین در این دیدگاه، به وضعیت ایمنی ریل هر منطقه راهآهن، نگاه مناسب تری می شود. اما بهنظر می رسد این دیدگاه نیز، دیدگاه کاملی نیست. از اشکالات وارده به دیدگاه دوم می توان به درنظرنگرفتن میزان قابلیت و توانایی هر منطقه راهآهن برای افزایش ایمنی ریلها اشاره کرد. زیرا با افزایش تجهیزات ایمنی

1. Exposure

۲۰ الله چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندی های هر منطقه در هر منطقه راهآهن، کارایی بهتری در حوزه ایمنی ریلی از آن منطقه مورد انتظار است. بنابراین باید با درنظر گرفتن عواملی که ظرفیت و توانمندی های هر منطقه را تداعی می کنند (دیدگاه سوم)، ارزیابی مناطق راهآهن در سطح عادلانه تری انجام شود. بنابراین شکل (۱) چارچوب پیشنهادی در این مطالعه جهت ارزیابی ایمنی مناطق ریلی در ایران را نشان می دهد. در ادامه به ایران می در ادامه به ایران منطقه مورد انتظار است. بنابراین این باید با درنظر گرفتن عواملی که ظرفیت و توانمندی های هر منطقه را تداعی می کنند (دیدگاه سوم)، ارزیابی مناطق راهآهن در سطح عادلانه تری انجام شود. بنابراین شکل (۱) چارچوب پیشنهادی در این مطالعه جهت ارزیابی ایمنی مناطق ریلی در ایران را نشان می دهد. در ادامه به ارائه مفاهیم موجود در این چارچوب پرداخته شده است.



شکل ۱: چارچوب پیشنهادی جهت ارزیابی ایمنی مناطق ریلی

۳–۱ عوامل تداعیکننده در معرض قرارگیری^۱

در معرض قرار گیری بدان معنی است که افراد، قطارها، مناطق ریلی و ... به چه میزان در معرض وقوع تصادف قرار خواهند گرفت. با توجه به تعریف در معرض قرار گیری، فردی که در طول روز

۱. کلمه «در معرض قرارگیری» عبارت فارسی پیشنهادی بهجای کلمه «مواجهه» در ادبیات مربوط به حملونقل بهخصوص ایمنی ترافیک است. این عبارت ترجمه کلمه Exposure در زبان انگلیسی است.

رانندگی زیادی میکند، نسبت به کسی که طول روز را در خانه به سر میبرد بیشتر در معرض تصادف قرار می گیرند. یا مثلاً قطاری که بیشتر درحرکت است، بیشتر در معرض تصادف قرار دارد و یا حتی بهطورمثال منطقه راهآهنی که در آن قطار بیشتری در تردد است، بیشتر در آن تصادف رخ میدهد.

با توجه به تعریف در معرض قرارگیری، در مقیاس نواحی (منطقهای، شهری، کشوری و ...) برای این مفهوم باید معیاری معرفی شود که زیادشدن آن نشاندهندهی این باشد که افراد یا قطارها، بیشتر در معرض تصادف قرار دارند. بنابراین در این مقیاس از مفاهیمی مانند حجم تردد، تعداد واگن کیلومتر طیشده و ... میتوان بهخوبی برای مفهوم مواجهه استفاده کرد. بهعنوان مثال زیادشدن مسافر-کیلومتر طیشده در یک منطقه ریلی نشاندهندهٔ آن است که در آن منطقه قطارها بیشتر در معرض تصادف قرار دارند. همواره میزان در معرض قرارگیری با تعداد تصادفات رابطهٔ مستقیمی دارد. بدین معنی که با زیادشدن در معرض قرارگیری در یک منطقه ریلی، تعداد تصادفات نیز زیاد میشود که این مسئله جدای از ایمنی ریلی آن منطقه است.

۳-۲ عوامل تداعى كننده كمبود ايمنى

همان طور که گفته شد، همیشه برای بررسی و مقایسه ایمنی در هر منطقه، جاده و ... از شاخصهایی که نمایانگر کمبود یا فقدان ایمنی است استفاده می کنند. به عبارتی با نقیض آن مقایسه می شود. برای مثال هر چه تعداد کشته ها و یا تصادفات در یک مسیر ریلی بیشتر باشد متخصصان ایمنی، سطح ایمنی پایین تری را برای آن مسیر متصور خواهند بود. بنابراین در این زمینه بیشتر از مفاهیمی مانند تعداد تصادفات، تعداد افراد فوت شده و ... استفاده می شود.

۷۲ ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه

۳-۳ عوامل تداعی کننده میان ظرفیت و توانمندی هر منطقه

به ازای صرف هزینه در هر سیستم^۱، انتظار کارایی بهتر آن سیستم وجود دارد. بنابراین با افزایش تجهیزات ایمنی در هر منطقه ریلی، کارایی بهتری در حوزه ایمنی از آن منطقه موردانتظار است. منظور از عوامل تداعی کنندهٔ میزان ظرفیت و توانمندی هر منطقه در حوزهٔ ایمنی نیز همان میزان هزینهٔ صرفشده در سیستم ایمنی است. بهعنوانمثال معیارهایی مانند میزان بودجهی صرف شده برای ایمنی ریلی، تعداد تجهیزات هوشمند در تقاطعات و ... میتواند نشان دهندهٔ این زمینه در مقایسهی ایمنی مناطق ریلی باشد.

۴ روش تحقیق

روش ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راه آهن با توجه به چار چوب پیشنهادی در این مطالعه جهت ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راه آهن، از مدل تحلیل پوششی دادهها استفاده شده است. روش تحلیل پوششی دادهها یا Data Envelopment Analysis (به اختصار DEA) یکی از رویکردهای مطرحشده در نظریه بهرهوری است و می تواند برای محاسبات و ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیری (Decision Making Unit ها) مورداستفاده قرار گیرد. مدل اولیه DEA یک برنامه ریزی خطی است که برای حل آن باید نخست به مدل خطی تبدیل شود تا بتوان روش های حل برنامه ریزی خطی است که برای حل آن باید نخست به مدل خطی تبدیل شود بیشینه کردن یک کسر، آنچه باید زیاد شود نسبت صورت به مخرج است. بنابراین می توان مخرج را برابر یک عدد ثابت در نظر گرفت و صورت را زیاد کرد و یا برعکس، صورت را ثابت در نظر گرفته و مخرج را کم کرد. مورد اول در DEA بیشتر به کار گرفته می شود که مدل ثانویه آن با توجه به دو متغیر ثانویه E و ز Λ به صورت مدل زیر خواهد بود:

۱. سامانه، نظام، روش

(1)

$$\begin{split} \theta_p^* &= Min \; E \\ St: \\ &\sum_j x_{ij} \lambda_j - x_{ip} E \leq 0 \; , i=1,2,\ldots,m \\ &\sum_r y_{rj} \lambda_j - y_{rp} \geq 0 \; , r=1,2,\ldots,t \\ &\lambda_j \geq 0, \; \; j=1,2,\ldots,n \end{split}$$

که در آن: y_{rj}= مقدار ستاده r از واحد j =x_{ii} مقدار داده i از واحد j

اگر E=۱ باشد، واحد مرکب بهاندازه واحد هدف، دادهها را مصرف میکند؛ پس دلیلی برای ناکارایی واحد هدف وجود ندارد. هنگام ارزیابی مقایسهای، نخستین مسئله روش شناسی که باید موردتوجه قرار گیرد بازده نسبت به مقیاس است. اگر با افزایش یک واحد داده، یک واحد ستاده افزایش مییابد و کارایی تغییر نمیکند، بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS) نام دارد. در غیر این صورت بازده نسبت به مقیاس متغیر (VRS) است. در این مطالعه برای رتبه بندی واحدهای کارا از روش ارائه شده توسط اسلامی و خوئینی که به عنوان روش جدید برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیری کارا است، استفاده شده است که به شرح زیر است:

(۲)

$$\text{Min } \phi^b_a = E - \epsilon \left(\sum_{i=1}^m S^-_i + \sum_{r=1}^s S^+_r \right)$$

$$\begin{split} &\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^- = \; x_{ia} E \text{ , } i = 1,2, \dots, m \\ &\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = \; y_{ra} \text{ , } r = 1,2, \dots, s \end{split}$$

 $\lambda_{j}, S_{i}^{-}, S_{r}^{+} \geq 0, \ j = 1, 2, ..., n \quad r = 1, 2, ..., s \quad i = 1, 2, ..., m$

از نقاط قوت تحلیل پوششی دادهها میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

 ۱) به واحدهای اندازه گیری حساس نیست و ورودیها و خروجیها می توانند دارای واحدهای مختلفی باشند.

۲) روش تحلیل پوششی دادهها یک روش مدیریتی است که کارایی واحدها را بهطور نسبی اندازه گیری می کند.

۳) این روش بیش از سایر روشها قابلیت تعمیمپذیری و گسترش دارد و به کار گیری آن در یک واحد برای یک موضوع میتواند زمینه را برای کارهای بعدی نیز فراهم کند.

۴) این روش فقط کارایی را مشخص میکند و نقطه ضعف سایر سیستم های اندازه گیری را که نوعی مطلق گرایی را دنبال میکنند ندارد و کارا بودن در این الگو یک کمیت دستیافتنی است.

۵) درحالی که واحدهای اقتصادی دارای چندین ورودی در فرایند ایجاد خروجی باشد، روش برنامهریزی خطی بهراحتی میتواند ترکیب بهینه ورودیها و خروجیها را برای یک واحد کارا تعیین کند.

۶) تحلیل پوششی دادهها قابلیت بسیار بالایی در رتبهبندی کامل واحدهای تصمیم گیرنده موردمطالعه فراهم میآورد و مدلهایی مثل اندرسون – پترسون میتوانند واحدهای کارا را نیز رتبهبندی کنند و کاراترین واحد را از میان واحدهای کارا بر گزینند.

همان طور که گفته شد، شاکله مدل تحلیل پوششی دادهها ورودی و خروجیهای تعیین شده برای سیستم موردنظر است. در تحلیل پوششی دادهها سیستم به گونه ای تعریف می شود که واحدی کاراتر باشد که با توجه به ورودی های کمتر، خروجی بیشتری تولید کند. بنابراین اولین گام نیاز است تا با توجه به چار چوب پیشنهادی در این مطالعه شاکله اولیه از مدل موردنظر به گونه ای ساخته شود که واحدهای کارا از منظر ایمنی واحدهایی باشند که با ورودی کمتر، خروجی بهتری داشته باشند. در مفهوم ایمنی، منطقه ای در ایجاد ایمنی کاراتر است که باوجود مواجهه زیاد و تجهیزات کم، تعداد تصادفات کمتری داشته باشد. بنابراین با توجه به این مفهوم و مفهوم مدل تحلیل پوششی داده ها، می توان مدل مسئله را به صورت شکل (۲) نشان داد.



شکل ۲: مدل تحلیل پوششی پیشنهادی جهت ارزیابی ایمنی مناطق ریلی ۵ یافتههای تحقیق

انتخاب معيارها با توجه به مدل چارچوب پيشنهادي مطالعه حاضر

در این مطالعه ابتدا با توجه به مطالعات پیشین و همچنین جمعآوری نظر متخصصان به انتخاب معیارها در سه حوزه در معرض قرارگیری، فقدان ایمنی و ظرفیت و توانمندی هر منطقه پرداخته شد. در انتها نیز با استفاده از روش دلفی، صحت معیارهای انتخاب شده مورد ارزیابی قرار گرفت. معیارهای انتخاب شده باید به گونه ای باشند که در صورت تجمیع آن ها در کنار یکدیگر، وضعیت ایمنی ریلی مناطق راه آهن را با توجه به چار چوب پیشنهادی به خوبی مشخص کنند. جدول (۱)

۷۶ ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه نتایج نهایی روش دلفی در انتخاب معیارها را نشان میدهد. البته لازم به ذکر است که معیارهای انتخابی در این مطالعه با توجه به دادههای موجود بوده و ممکن است بهترین معیار ممکن نباشد. اما مهمترین نکته این است که حتماً این معیارها باید براساس چارچوب تعریف شده برای ارزیابی ایمنی مناطق ریلی باشند.

نتايج نهايي روش	امتياز	معبارها	گروه
دلفی فازی	نهایی	3	, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
تأييد شد.	۴٫۱	تعداد ایستگاههای مجهز به علائم الکتریکی	
تأييد شد.	۳,۵	تعداد ایستگاههای تحت پوشش ATC	معیارهای
تأييد نشد.	۲٫۱	تعداد پستهای بازدید به فواصل آنها	تداعىكننده
تأييد شد.	۳,۶	كيفيت خط (A,B,C,D)	میزان ظرفیت و
تأييد نشد.	۲٫۲	CTR خط به طول کل خطوط	توانمندی هر
تأييد شد.	۴٫۲	تعداد نیروهای عملیاتی سیر و حرکت	منطقه
تأييد شد.	۴٫۲	تعداد نیروهای تعمیرات و نگهداری خط	
تأييد شد.	۴٬۰	ميليون قطار كيلومتر	
تأييد شد.	۴٫۱	تعداد قطار تشکیل و اعزامشده	
تأييد شد.	۴٬۲	تن كيلومتر بار	معيارهای
تأييد شد.	۴٫۴	مسافركيلومتر جابهجا شده	تداعیکننده در
تأييد شد.	۴,۶	خط معادل	معرض
, . , Î=	**	گستره سکونت و حاشیهنشینی در کنار خطوط	قرارگیری
کایید سد.	1/1	ریلی (کیلومتر)	
تأييد شد.	۲٫۹	تعداد گذرگاههای هم سطح (مجاز و غیرمجاز)	
تأييد شد.	۴٬۵	تعداد حوادث	
تأييد شد.	۴٫۷	معادل حوادث	
تأييد شد.	۴٫۸	معادل فوت	تدام کند.
تأييد شد.	۴٫۱	تعداد فوت	
تأييد شد.	۴٫۳	خسارات مالی حوادث	فقدان آيمني
تأييد شد.	۴,۴	تعداد شبه حوادث]

جدول ۱: نتایج نهایی روش دلفی برای انتخاب معیارها

ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راه آهن ایران با استفاده از دادههای سال ۱۳۹۸

در این بخش به ارائه نتایج ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن ایران پرداخته شده است. در این راستا دادههای مربوط به معیارها برای سال ۱۳۹۸ جمعآوری شده است. جدول (۲) خلاصهای از این آمار را نشان میدهد. در ادامه ابتدا با توجه به معیارهای انتخاب شده، کارایی مناطق راهآهن با استفاده از روش تحلیل پوششی دادهها محاسبه شد که به دلیل زیادبودن تعداد معیارها، بسیاری از واحدها کارا شدند. بنابراین تصمیم بر آن شد که بع دایل زیادبودن تعداد معیارهای تحلیل پوششی دادهها کاهش یابد. جهت کاهش معیارهای مورداستفاده در مدل داده، میتوان از دو نکته استفاده کرد. اول اینکه متغیرهایی در هر گروه باید باهم کمترین همبستگی را داشته باشند و دوم اینکه متغیرهای گروه ظرفیت و توانمندی و همچنین در معرض قرار گیری باید بیشترین همبستگی را با متغیرهای گروه فقدان ایمنی داشته باشند.

كمينه	بيشينه	انحراف معيار	میانگین	معيار
•	۳۹٫۰۰	١٢٫٨۴	۱۵٬۳۵	تعداد ایستگاههای مجهز به علائم الکتریکی
•	۳۳٬۰۰	۱۰٬۸۰	۶,۵۵	تعداد ایستگاههای تحت پوشش ATC
۱,۰۰	۴٬۰۰	۰,۸۷	۲٫۲۳	كيفيت خط
۱,	۱۳۳۵,۰۰	۴۰۰٫۳۹	۴۰۲٫۷۵	تعداد نیروهای عملیاتی سیر و حرکت
۱۱,۰۰	۳۴۸۱۵,۰۰	114,79	17377,	تعداد قطار تشکیل و اعزامشده
۴۸٬۰۰	٨٩٩٫٠٠	194,87	۳۵۳,۷۵	تعداد نیروهای تعمیرات و نگهداری خط
۰,۱۳	14,81	۳٬۸۵	٣/٩١	ميليون قطار كيلومتر
۳۳٬۵۵۸	\$;XV7;88	٢,٢٩٧,۶٣١	١,٧٠۵,١٩٩	هزار تن کیلومتر بار
۳۶٬۵۰۰	۵٫۰۱۰٫۴۳۶	1,889,190	४४४८,९४९	هزار نفر كيلومتر جابجا شده
۱۵۸٬۸۰	۲۵۰۰٬۰۰	۵۴۳٬۵۱	۹۳۳٬۵۵	خط معادل
۶,۰۰	17.,	٣۶,١٩	۴۴ _/ ۸۹	گستره سکونت و حاشیهنشینی در کنار خطوط ریلی (کیلومتر)
•	٩٢,	۳۲,۶۷	۲۷٬۷۵	تعداد گذرگاههای همسطح (مجاز و غیرمجاز)

جدول ۲: خلاصهی آماری از وضعیت دادههای جمع آوری شده برای مناطق راه آهن در سال ۱۳۹۸

كمينه	بيشينه	انحراف معيار	میانگین	معيار
۱,۰۰	۷۳٬۰۰	۲۰,۱۵	۱۹٬۹۰	تعداد حوادث
•,•Y	٩,١٣	۲,۱۴	۲,۱۸	معادل حوادث
•	25,21	۵٬۸۴	۳٬۳۹	معادل فوت
•	۲۶,۰۰	۵٬۲۸	٣,٢۵	تعداد فوت
•	۲۹,۸۶۹,۳۵۶,۹۰۸	V,V • ۳,۸ ۱۲,۴۴۶	۵٬۵۲۱٬۹۷۰٬۳۷۰	خسارات مالي حوادث
•	٣٩,٠٠	۱۲٫۸۴	۱۵,۳۵	تعداد شبه حوادث

Y٨

ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق رادآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه

با توجه به نکته ذکرشده، در مرحله اول سه ماتریس همبستگی بین معیارهای مربوط به هر حوزه (در معرض قرارگیری، ظرفیت و توانمندی هر منطقه و فقدان ایمنی) با خودشان محاسبه شد. با توجه به توضیحات ذکرشده، در این ماتریسها باید معیارهایی انتخاب شوند که کمترین همبستگی را با معیارهای گروه خودشان داشته باشند. بنابراین باید از بین معیارهایی که بیشترین همبستگی را با یکدیگر دارند، فقط یک مورد انتخاب شود.

نام متغير	رديف	گروه				
تعداد ایستگاههای مجهز به علائم الکتریکی	١					
تعداد ایستگاههای تحت پوشش ATC	۲					
كيفيت خط (A,B,C,D)	٣	معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر منطقه				
تعداد نیروهای عملیاتی سیر و حرکت	۴					
تعداد نیروهای تعمیرات و نگهداری خط	۵					
ميليون قطار كيلومتر	۶					
تعداد قطار تشكيل و اعزامشده	Y					
خط معادل	٨	معيارهاي تداعيكننده مواجهه				
گستره سکونت و حاشیهنشینی در کنار خطوط ریلی (کیلومتر)	٩					
تعداد گذرگاههای همسطح (مجاز و غیرمجاز)	١٠					
معادل حوادث	11	المام تدام كنند فتدار				
معادل فوت	17	مغيارهاي نداعي سنده قفدان				
تعداد شبه حوادث	١٣	ايمنى				

جدول ۳: معیارهای انتخابشده با توجه به ماتریس همبستگی و روش تحلیل عاملی

جهت پیداکردن معیارهایی از گروه مواجهه و ظرفیت توانایی هر منطقه که بیشترین همبستگی را با معیارهای گروه فقدان ایمنی دارند از روش تحلیل عاملی استفاده شد. درنهایت معیارها DOI: 10.22034/jsqm.2021.269204.1292

به صورت نشان داده شده در جدول (۳) انتخاب شد. بنابراین با توجه به معیارهای انتخاب شده، به بررسی کارایی مناطق راهآهن پرداخته شده که در شکل (۳) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، سه منطقه از مناطق ریلی کارا شده اند؛ بنابراین نیاز است تا با استفاده از روش اندرسون- پیترسون کارایی منطق محاسبه شود که در شکل (۴) نشان داده شده است.





شکل ۴: کارایی مناطق راهآهن با استفاده از معیارهای منتخب و روش اندرسون– پیترسون

DOI: 10.22034/jsqm.2021.269204.1292

۸۰ ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق رامآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندی های هر منطقه در ادامه با توجه به کارایی محاسبه شده برای واحدها، به بررسی واحدهای مرجع و همچنین متغیرهای کمبود برای هر کدام از مناطق راهآهن پرداخته شد. واحد مرجع برای هر کدام از مناطق راهآهن، منطقه ای است که در بین مناطق دیگر، وضعیتی نزدیک به منطقه موردنظر را دارد، ولی کارایی آن بهتر از کارایی منطقه موردنظر است. متغیرهای کمبود برای معیارهای هر منطقه نیز براساس همین واحدهای مرجع محاسبه میشود و بدین معنی است که یک منطقه برای بهبود کارایی خود، بهتر است کدامیک از معیارهای خود را و به چه اندازه کاهش و یا افزایش دهد. لازم به ذکر است که این متغیرهای کمبود فقط با توجه به ارزیابی مناطق و تفاوت آنها در کارایی مناطق ارائه میشوند و حتماً نیاز است تا عملی شدن این موضوع توسط کارشناسان مربوط آنهایی که تأثیر بهتر و بیشتری دارند براساس نظرات کارشناسان منطقه انتخاب شوند. واحدهای مرجع و همچنین متغیرهای کمبود برای مناطق ریلی راهآهن در جدولهای (۴) و (۵) آمده است.

تعداد شبه حوادث	معادل فوت	معادل حوادث	تعداد نیروهای تعمیرات و نگهداری خط	تعداد نيروهاى عملياتى سير و حركت	کيفيت خط (A,B,C,D)	تعداد ایستگادهای تحت پوشش ATC	تعداد ایستگاههای مجهز به علائم الکتریکی	منطقه	رديف
-78	-•/۲۴	-•/•٣	-249	-799	•	-٨	_٩	منطقه ۱۵	١
-۴	-1/74	- ۲/۲・	-74	-180	- ∙/Δ	•	_٩	منطقه ۸	٢
-41	-۴/۸۱	-•/A•	-180	-018	- 1	•	-17	منطقه ۱۲	٣
-7٣	-77/19	-٣/٩٧	-77	-774	- 1	- 17	•	منطقه ۱۷	۴
-10	-•/٢٠	-•/١٣	-14	-180	- 1	•	-11	منطقه ۵	۵
-19	•	•	-110	-111	•	•	•	منطقه ۳	۶
-1.7	-•/74	-4/98	-77	-93.	- ١	-10	-71	منطقه ۱۶	۷
-77	-4/9.	-•/V٣	-182	•	- ١	•	۲_	منطقه ۱۰	٨
- 178	•	•	-90	•	•	-11	-17	منطقه ۱۹	٩
•	-7/•7	- ١/λ •	۳–	۸۱–	•	•	-11	منطقه ۷	۱۰

جدول ۴: مقادیر کمبود برای واحدها جهت بهبود کارایی خود

تعداد شبه حوادث	معادل فوت	معادل حوادث	تعداد نیروهای تعمیرات و نگهداری خط	تعداد نیروهای عملیاتی سیر و حرکت	کيفيت خط (A,B,C,D)	تعداد ایستگادهای تحت پوشش ATC	تعداد ایستگاههای مجهز به علائم الکتریکی	منطقه	رديف
-08	- 1/• 1	-•/١٣	-18	۲-	•	-۵	-۵	منطقه ۲۰	11
-74	•	•	-۸۲	•	•	•	•	منطقه ۲	١٢
-99	-۴/۸۱	-•/•Y	-744	-1.41	- 1	•	۲_	منطقه ۱۱	۱۳
-19	- 1/••	-•/١٣	-14	-٣	- 1	•	•	منطقه ۴	14
-1	-•/٩•	•	•	-77	- 1	-9	-19	منطقه ۱۳	۱۵
-۴	•	-•/8•	-٣۴	-180	- ∙/Δ	•	-4	منطقه ۹	18
-10	-•/٢•	-•/۴•	-٣	-^ ١	- 1	•	-11	منطقه ۶	۱۷
-107	-۲۳/۹۷	-٣/٩٧	-90	-774	۲–	-1.	•	منطقه ۱۸	۱۸
-79	- 1/7 •	-•/•٣	-۹۱	•	•	-۲	_٩	منطقه ۱۴	١٩
•	•	•	•	•	•	•	٠	منطقه ۱	۲۰

جدول ۵: واحدهای مرجع برای مناطق ریلی ناکارا

١	14	۱۸	۶	٩	۱۳	۴	11	۲	۲۰	۷	۱۹	١٠	18	٣	۵	۱۷	١٢	٨	۱۵	نام واحدها
																	\checkmark			منطقه ۱۵
			\checkmark							\checkmark					\checkmark					منطقه ۸
							\checkmark					\checkmark								منطقه ۱۲
	\checkmark												\checkmark						\checkmark	منطقه ۱۷
						\checkmark		\checkmark						\checkmark						منطقه ۵
\checkmark								\checkmark												منطقه ۳
																			\checkmark	منطقه ۱۶
										\checkmark								\checkmark		منطقه ۱۰
													\checkmark			\checkmark				منطقه ۱۹
			\checkmark			\checkmark									\checkmark					منطقه ۷
											\checkmark									منطقه ۲۰

	ی جر	مى م	y	, ,	_ حرب	حيث بر	وفر	إقالكر	عق (ى ~	مي ريا	ی ایسا	, (<u>(</u> , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	براي	بسيم	بر سی	ب سم	کر چو	ر ب چ	
١	14	۱۸	۶	٩	۱۳	۴	11	۲	۲۰	۷	19	١٠	18	٣	۵	۱۷	١٢	٨	۱۵	نام واحدها
\checkmark																				منطقه ۲
				\checkmark								\checkmark						\checkmark		منطقه ۱۱
\checkmark								\checkmark						\checkmark						منطقه ۴
							\checkmark					\checkmark								منطقه ۱۳
			\checkmark							\checkmark								\checkmark		منطقه ۹
						\checkmark								\checkmark	\checkmark					منطقه ۶
													\checkmark			\checkmark			\checkmark	منطقه ۱۸
						\checkmark											\checkmark			منطقه ۱۴
																				منطقه ۱

۸ ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه

۶ نتیجه گیری و پیشنهادها

مطالعهٔ حاضر در راستای ارائه یک مدل مفهومی و همچنین روشی برای ارزیابی ایمنی مناطق ریلی در ریلی انجام شد. از مهمترین نقاط قوت این مدل مفهومی میتوان به مقایسه مناطق ریلی در بستری عادلانه با درنظر گرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه در بهبود ایمنی اشاره کرد. در این مطالعه مشابه مطالعات قبلی ابتدا یک چارچوب مفهومی توسعه داده و در گام بعد معیارهای مناسب در قالب چارچوب پیشنهادی انتخاب شد. در مدل مفهومی ارائهشده، سه دسته معیار می ارای ارزیابی مناطق ریلی در مناسب در قالب چارچوب پیشنهادی انتخاب شد. در مدل مفهومی ارائهشده، سه دسته معیار مناسب در قالب چارچوب پیشنهادی انتخاب شد. در مدل مفهومی ارائهشده، سه دسته معیار میان ارزیابی مناطق ریلی پیشنهاد شد. ۱) معیارهای تداعی کننده در معرض قرارگیری، ۲) معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر معیارهای تداعی کننده در این طرفیت و توانمندی هر معیارهای در یای ارزیابی مناطق ریلی پیشنهاد شد. ۱) معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر معیارهای تداعی کننده در مدان قرفیت و توانمندی هر معیارهای در معرف قرارگیری، ۲) معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر معیارهای در این مناطق ریلی پیشنهاد شد. ۱) معیارهای تداعی کننده میزان ظرفیت و توانمندی هر معیارهای معیارهای در میزی مناطق را برسانند و دوم اینکه این معیارها باید براساس مدل مفهومی ارائه شده باشند و به گونهای انتخاب شوند که درصورت معیارها باید براساس مدل مفهومی از فضیت ایمنی مناطق را برسانند و دوم اینکه این معیارها معیارها مید برای این میارها معیارها یاید براساس مدل مفهومی از فضی میارها دو مورد همواره مدنظر بود. اول اینکه این معیارها معیارها یاید براساس مدل مفهومی از محاسبه و احصا باشند. جهت ارزیابی ایمنی مناطق را بران می میارهای معیارهای انتخاب شوند که درصورت معیارهای انتخاب شوند قابل محاسبه و احصا باشند. جهت ارزیابی ایمنی مناطق راهی با معیارهای انتخاب شده در این مطالعه، از روش تحلیل پوششی دادهها استفاده شد. روش تحلیل پوششی دادهها یا دوهما یا دوهای یا کنده کرمای کرهای کردهای روش می ماطق راه آمای کنهای معارهای انتخاب شده اینای میاره کره ای روش می ماطق میاره کرمای معیارهای انتخاب مو مای یا میان کرهای مای کره یا روش معیارهای مای میاره

DOI: 10.22034/jsqm.2021.269204.1292

٨٢

مطرحشده در نظریه بهرهوری است و میتواند برای محاسبات و ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیری (Decision Making Unit ها) مورداستفاده قرار گیرد. جهت پیادهسازی مدل موردنظر از دادههای سال ۱۳۹۸ مناطق ریلی راهآهن ایران استفاده شد.

نتایج مدل تحلیل یوششی دادهها نشان داد که ایمنی مناطق ریلی یکسان نیستند و بهترین کارایی برای منطقه ۱ و بدترین کارایی برای منطقه ۲۰ بوده است. شاید بتوان گفت یکی از دلایل کارا بودن منطقه ۱ کمبود ظرفیت و امکانات موجود در این منطقه و همچنین بهتربودن وضعیت ایمنی منطقه با درنظر گرفتن معیارهای فقدان ایمنی و در معرض قرار گیری به نسبت بقیه مناطق بوده است. این بدان معنی است که این منطقه توانسته با داشتن امکانات و ظرفیتهای کمتر، ایمنی بهتری با توجه به میزان تردد قطارها در آن منطقه نسبت به مناطق دیگر داشته باشد. این تفاسیر را می توان به صورت برعکس برای منطقه ۲۰ داشت. در ادامه مطالعه با توجه به روش تحلیل پوششی دادهها، جوامع مرجع برای هر منطقه شناسایی شد و درنهایت با توجه به جوامع مرجع، پیشنهادهایی برای هر منطقه جهت بهبود کارایی وضعیت ایمنی خود داده شد. بهعنوان مثال برای منطقه ۲۰ پیشنهاد شد که جهت بهتر شدن کارایی ایمنی منطقه تعداد شبه حوادث را باید ۵۶ عدد، معادل مرگ را ۱٬۰۱ و معادل حوادث را ۰٬۱۳ کاهش دهد. همچنین درزمینهٔ میزان ظرفیت و توانمندی هم، مقدار تقریبی ظرفیت و توانمندیهایی که مناطق از آنها استفاده نکردهاند نیز شناسایی شد. به عنوان مثال این نتایج برای منطقه ۲۰ نشان داده است که تعداد ۸۲ نفر از نیروهای تعمیرات و نگهداری خط بهدرستی به کار گرفته نشدهاند. بدین معنی که با توجه به بقیه مناطق، انتظار می رود این منطقه با ۸۲ نیروی تعمیرات و نگهداری خط وضعیت فعلی ایمنی را داشته باشد.

در پایان ذکر این نکته ضروری است که در این مطالعه تأکید بیشتر بر روی چارچوب پیشنهادی جهت ارزیابی ایمنی مناطق ریلی راهآهن و درنظر گرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه برای بهبود ایمنی در این ارزیابی است و انتخاب معیارها براساس اطلاعات در دسترس برای محققان این مطالعه جهت بررسی چارچوب پیشنهادی است. این چارچوب میتواند با استفاده از معیارهای DOI: 10.22034/jsqm.2021.269204.1292 ۸۴ ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندی های هر منطقه دقیق تر ایمنی دقیقی تر دقیق تر ایمنی مناطق ریلی بپردازد. به عنوان مثال یکی از معیارهای دقیقی که در این مطالعه در دسترس نبود، میزان بودجه استفاده شده برای بهبود ایمنی در هر منطقه است. شاید این بهترین معیار برای در نظر گرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه باشد. بنابراین پیشنهاد می شود در صورت دسترسی به معیارهای دیگر و دقیق تر به بررسی چارچوب پیشنهادی جهت می شاید این مناطق ریان می در هر منطقه است. از راین می مناطق ریان بودجه استفاده شده برای بهبود ایمنی در هر منطقه است. معیار برای در نظر گرفتن ظرفیت و توانمندی هر منطقه باشد. بنابراین پیشنهاد می شاید این بهترین معیار برای در نظر گرفتن ظرفیت و در این به بررسی چارچوب پیشنهادی جهت ارزیابی ایمنی مناطق ریلی در ایران پرداخته شود.

۷ مراجع

 معصومی، بررسی کارایی بخش حملونقل ریلی- مسافری کشور با استفاده از رهیافت .DEA پژوهشنامه حملونقل، ۲۰۱۶.

۲. پایدار، عاملی، طهرانی، ارزیابی عملکرد سیستم حملونقل مترو با استفاده از تکنیکهای اقتصاد مهندسی و تحلیل پوششی داده با رویکرد توسعه حملونقل پایدار (مطالعه موردی: کلانشهر تهران). پژوهشنامه حملونقل, ۲۰۲۰.

۳. احدی، ساقیان، ارزیابی کارایی و رتبهبندی نواحی راهآهن جمهوری اسلامی ایران، با استفاده از روش تحلیل پوششی دادهها. فصلنامه مهندسی حملونقل، ۲۰۱۵

3. Shen, Y., et al., *Inter-national benchmarking of road safety: State of the art.* Transportation research part C: Emerging technologies, 2015. 50: p. 37-50.

4. Chen, F., et al., *Benchmarking road safety performance: Identifying a meaningful reference (best-in-class).* Accident Analysis & Prevention, 2016. 86: p. 76-89.

5. Dong, N., et al., *Macroscopic hotspots identification: a Bayesian spatio-temporal interaction approach*. Accident Analysis & Prevention, 2016. 92: p. 256-264.

6. Yu, H., et al., *Comparative analysis of the spatial analysis methods for hotspot identification*. Accident Analysis & Prevention, 2014. 66: p. 80-88.

7. Park, B.-J., D. Lord, and C. Lee, *Finite mixture modeling for vehicle crash data with application to hotspot identification*. Accident Analysis & Prevention, 2014. 71: p. 319-326.

8. Gomes, S.V., J.L. Cardoso, and C.L. Azevedo, *Portuguese mainland road network safety performance indicator*. Case studies on transport policy, 2018. 6 (3): p. 416-422.

9. Bonneson, J.A. and K. Zimmerman, *Identifying Intersections with Potential for Red Light–Related Safety Improvement*. Transportation research record, 2006. 1953 (1): p. 128-136.

10. Liu, C. and A. Sharma, *Using the multivariate spatio-temporal Bayesian model to analyze traffic crashes by severity*. Analytic methods in accident research, 2018. 17: p. 14-

11. Kukić, D., et al., *The differences of road safety performance of countries based on outcome indicators.* Safety science, 2016. 89: p. 279-287.

12. Rosić, M., et al., *Method for selection of optimal road safety composite index with examples from DEA and TOPSIS method*. Accident Analysis & Prevention, 2017. 98: p. 277-286.

13. Djordjević, B., E. Krmac, and T.J. Mlinarić, *Non-radial DEA model: A new approach to evaluation of safety at railway level crossings*. Safety science, 2018. 103: p. 234-246.

14. KHADEM, S.M. and M.M.R. KASHI, ANALYZING EFFICIENCY OF RAILWAY TRANSPORTATION BY CONSIDERING QUALITY OF SERVICES: NEW DATA ENVELOPMENT ANALYSIS MODELS. 2017.

15. Noroozzadeh, A. and S. Sadjadi, *A new approach to evaluate railways efficiency considering safety measures*. Decision Science Letters, 2013. 2 (2): p. 71-80.

16. Yang, Y. and X. Zhu. A Railway Transportation Safety Assessment Method Based on Safe State Index. in 2015 International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation. 2015. Atlantis Press.

17. Wemakor, W., A. Jack, and F. Schmid. *Modelling the Relationship (s) between safety and operational performance*. in 2018 Joint Rail Conference. 2018. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.

18. Jasmin, N., *Safety performance comparison between light rail transit and subway.* 2012.

19. Aarts, L.T. and S. Houwing, Benchmarking road safety performance by grouping local territories: A study in the Netherlands. Transportation research part A: policy and practice, 2015. 74: p. 174-185.

20. Shen, Y., et al., *Road safety development in Europe: A decade of changes (2001–2010)*. Accident Analysis & Prevention, 2013. 60: p. 85-94.

21. Wegman, F. and S. Oppe, *Benchmarking road safety performances of countries*. Safety science, 2010. 48 (9): p. 1203-1211.

22. Wegman, F., et al., *SUNflowerNext: Towards a composite road safety performance index.* Deliverable D6, 2008. 16.

23. Antić, Boris, et al. "Benchmarking of the road safety performance among the regions by using DEA." Transportation research procedia 45 (2020): 78-86.

24. Tavakoli Kashani, Ali, Moslem Azizi Bondarabadi, and Mohammad Mehdi Besharati. "A risk-exposure-resources approach for incorporating the performance efficiency in developing composite safety performance index." Transportation letters 12.7 (2020): 465-470.

۸۶ ارائه چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی ایمنی ریلی مناطق راهآهن با تأکید بر ظرفیت و توانمندیهای هر منطقه

25. Shen, Yongjun, et al. "Towards better road safety management: Lessons learned from inter-national benchmarking." Accident Analysis & Prevention 138 (2020): 105484.

26. Das, Subasish, Srinivas R. Geedipally, and Kay Fitzpatrick. "Inclusion of speed and weather measures in safety performance functions for rural roadways." IATSS research 45.1 (2021): 60-69.

Pan, Guangyuan, et al. "Road safety performance function 27. analysis with visual feature importance of deep neural nets." IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica 7.3 (2020): 735-744.

Research paper

A new Conceptual framework to assess safety of railway regions with an emphasis on the capacity and capability of each region

Hamid Rahimi*, Moslem Azizi Bondarabadi

Abstract	Received:2021/01/19
Ibstract	
	Accepted:2021/07/18

Providing a comprehensive overview of the safety status of similar large-scale spatial rail units (such as existing railway regions in a country) is a first but very important step in identifying policies that can accelerate progress in improving rail safety. Previous studies have generally aimed at assessing the overall safety of railway regions, while the aim of the current study is to present a new approach to assess safety of railway regions with an emphasis on the capacity and capability of each region. In the prposed approach, by considering various aspects of the factors affecting railway safety, especially the capacity and capability of each region, a more impartial comparison has been made on the safety status of railway regions. Therefore, in line with this goal, first, a conceptual framework is developed in relation to the variables affecting safety and the capacity and capability of each region is taken into account. Then, using previous studies, the criteria needed to be implement in the conceptual framework are selected. In the next step, the Data Envelopment Analysis (DEA) model is used to evaluate the safety performance of 20 railway regions of Iran in the presented conceptual framework. In this evaluation, the data regarding safety information of railway regions of Iran in 2019 are used. Considering that some of the regions are efficient in this evaluation, the Anderson-Peterson efficiency is also calculated for the railway regions. The results showed that Region 1 had the best efficiency and Region 20 had the lowest efficiency corresponding to rail safety in 2019. Finally, the reference communities for each railway region were identified, as well as suggestions for improving the safety performance of each region.

Keywords: Evaluation of Safety of Railway Regions, Railway region Capacity and

Capability, Data Envelopment Analysis, Anderson-Peterson

٨٧