

ارزیابی و رتبه‌بندی کارایی فنی مناطق راه‌آهن ایران در حمل‌ونقل بار با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای

مقاله علمی - پژوهشی

سید ناصر زورمند باغدار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

علیرضا پویا^{*}، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مرتضی پاکدامن، استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد، ایران

امیر حاجی میرزاجان، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^{*}پست الکترونیکی نویسنده مسئول: alirezapooya@um.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

صفحه ۱۳۴-۱۱۱

چکیده

امروزه، ارزیابی عملکرد واحدهای سازمانی نقش ویژه‌ای در تخصیص منابع سازمانی و مالی ایفا می‌کند. باتوجه به افزایش رقابت‌پذیری و توسعه انتظارات ذی‌نفعان دستیابی به موفقیت پایدار سازمان در گروه افزایش کارایی و استفاده بهتر از منابع در اختیار خواهد بود. اهمیت بهبود کارایی در شرکت دولتی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران که از تجهیزات زیرساختی کلیدی و محدودکننده (مانند لوکوموتیو) و نیروی ماهر عملیاتی و سایر موارد مشابه بهره می‌برند، بسیار بیشتر است. روش تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد تحلیل پنجره‌ای یکی از بهترین ابزارها به منظور ارزیابی واحدهای سازمانی (مناطق راه‌آهن کشور) با وظایف مشابه ورودی و خروجی‌های همسان است. با این وجود موقعیت جغرافیایی و ماهیت متفاوت دسترسی به میادین حمل بار و مسافر، تفاوت در دسترسی به زیرساخت‌های خطوط و ناوگان فرایند ارزیابی و مقایسه عملکرد مناطق را پیچیده می‌کند. به این منظور در این مطالعه از روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای طراحی و تدوین مدلی برای اندازه‌گیری عملکرد مناطق شرکت راه‌آهن استفاده شده است. مناطق مورد مطالعه بر اساس کارایی فنی در طی دوره پنج‌ساله ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ رتبه‌بندی شده‌اند. نتایج حاکی از اثر تفکیک تمرکز نواحی بر حمل بار و یا مسافر و دسترسی به مراکز لجستیکی و چشمه‌های بار بر ارزیابی کارایی آنها است. در این تحقیق با استفاده از نظرات خبرگان ۵ منطقه منتخب و مرزی و ستادی ابتدا شاخص‌های اولیه با محوریت اهمیت حمل‌ونقل بار با روش غربالگری فازی انتخاب و سپس با استفاده از روش DEA پنجره‌ای ارزیابی شده‌اند که بر این اساس رتبه‌های خروجی ارزیابی انجام شده بر اساس کارایی فنی و کارایی فنی خالص به ترتیب هرمزگان، جنوب شرق، شمال شرق ۲، آذربایجان و خراسان بوده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد سازمانی، تحلیل پوششی داده‌ها، راه‌آهن، بهبود کارایی، کارایی فنی، تحلیل کارایی پنجره‌ای

۱- مقدمه

شاخص‌های سرعت و امنیت، نقش بسیار پررنگی در جوامع پیدا نموده، بطوریکه امروزه مفهوم توسعه حمل‌ونقل محور در ادبیات توسعه و نقشه راه پیشرفت ملت‌ها، راه‌یافته است. به‌عنوان نمونه

یکی از پراهمیت‌ترین حوزه‌ها برای اجرا و تحلیل ارزیابی عملکرد، می‌تواند صنعت حمل‌ونقل باشد. حمل‌ونقل امروزه با رشد روزافزون تقاضا، پیشرفت فناوری و موردتوجه قرارگرفتن

سهم بخش حمل و نقل از تولید ناخالص ملی ژاپن و آمریکا بین ۴ تا ۶ درصد، هند ۸ درصد و اروپا ۷ درصد است که این ارقام نشان‌دهنده نقش مستقیم حمل و نقل در اقتصاد بوده و در توضیح نقش غیرمستقیم این صنعت می‌توان افزود که هیچ فعالیت اقتصادی بدون حمل و نقل امکان‌پذیر نیست (Minarta & Ko, 2024). راه‌آهن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های حمل و نقل، ضمن تغییر در جغرافیای اقتصادی جهان، هزینه‌های سفر را کاهش داده و همچنین قاره‌ها را یکپارچه کرده و امکان تولید مقیاس را فراهم آورده است (Bouraima et al., 2020).

این صنعت در ایران نیز دارای اهمیت بسزایی است. علاوه بر جابه‌جایی مسافران بین ۴۰ شهر، با جابه‌جایی بارهای عمده داخلی و بین‌المللی نقش مهمی در اقتصاد کشور ایفا می‌نماید (Alamtabriz et al., 2023). راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران به‌عنوان متولی برنامه‌ریزی، پشتیبانی و کنترل عملیات حمل و نقل ریلی، از سویی با برنامه‌ریزی حمل بارهای عمده از معادن به سمت کارخانه‌ها و صنایع کلیدی کشور در حمل داخلی، مدیریت و سیاست‌گذاری حمل کالاهای صادراتی کشور به مقاصد بین‌المللی و ترانزیت کالا از مرزهای ریلی و از طرفی حمل ایمن مسافران و ایمنی حمل بار با توجه به سوابق سوانح ریلی گذشته، به یک تصمیم‌ساز کلیدی در حمل و نقل کشور تبدیل شده است (Amouzadeh Omrani et al., 2024).

اگر بخواهیم در خصوص ضرورت این مطالعه صحبت کنیم باید به این موضوع اشاره کنیم که، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران با مشکلات بنیادینی در حوزه بهره‌وری مواجه است. بهره‌وری عملیات ریلی خود معلول عوامل متعدد است. با ارزیابی بهره‌وری سه عامل از مهم‌ترین عوامل ایجاد ارزش‌افزوده در این شرکت یعنی لکوموتیو، واگن و خطوط اصلی درمی‌یابیم که وضعیت بهره‌وری در این سنجه‌ها قابل بهبود هستند (Shafi Naderi, 2022). طی گزارش‌های تهیه‌شده توسط مرکز تحقیقات راه‌آهن ج.ا.ا، به‌عنوان نمونه در لکوموتیو باتوجه‌به مشکلات تحریم‌ها، نرخ بالای خرابی و برنامه‌ریزی نامناسب در خصوص توزیع آن در سطح شبکه، عدد شاخص بهره‌وری کمتر از میزان متوسط صنعت است (I.R.I Railways, 2023). در بخش بهره‌وری نیروی انسانی و عملکرد مدیران، ارزیابی بهره‌وری و کارایی با توجه به پیچیدگی ارزیابی و اتخاذ رویکردهای اصلاحی یک چالش جدی پیشروی راه‌آهن ایران است (Torkamani et al., 2024).

در بخش حمل و نقل بین‌المللی باتوجه‌به مالکیت خارجی واگن‌ها و عدم امکان سیر واگن‌های ایرانی به سایر کشورها و از طرفی باتوجه‌به ارزش‌ریز ورود واگن به ایران، استفاده کارا از واگن‌ها و برنامه ریزی دقیق حمل، سبب کاهش زمان ماندگاری واگن‌ها و در نتیجه کاهش هزینه‌ها می‌گردد. راه‌آهن ج.ا.ا باتوجه‌به ماهیت درآمد هزینه‌ای و نیاز به تأمین نقدینگی به‌وسیله درآمدهای خود، می‌بایست به مدیریت بهینه فعالیت‌ها پرداخته و به دلیل محدودیت‌های اشاره‌شده، می‌بایست در بالاترین سطح از کارایی اقدام نماید (Ghayoumi 2022). همان‌طور که اشاره شد افزایش بهره‌وری از طریق ارزیابی عملکرد در صنعت حمل و نقل ریلی باتوجه‌به ویژگی‌ها و اولویت‌های استراتژیک هر یک از مناطق راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران به یک ضرورت تبدیل شده است. در این راستا با مصوبه مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۶۶، راه‌آهن دولتی ایران به شرکت سهامی خاص تبدیل شد که با تغییرات ساختاری صورت‌گرفته در اساسنامه سازمان و تبدیل آن به یک بنگاه اقتصادی، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران مسئول حصول هزینه‌ها از طریق درآمدهای اختصاصی می‌باشد، لذا فعالیت بهره‌ور و کارا یکی از ضروریات این شرکت و ذی‌نفع اصلی از این بهبود عملکرد می‌باشد. از طرفی تا پایان برنامه ششم توسعه، می‌بایست سهم راه‌آهن از حمل بار به ۳۰ درصد از حجم کل جابه‌جایی کالا در کشور، یعنی ۱۹۵ میلیون تن برسد (Parliament of Iran, 2017). این در حالی است که به عنوان نمونه در سال ۱۳۹۹ تنها ۵۰ میلیون تن از این هدف محقق شده است (I.R.I Railways, 2024). یکی از مهم‌ترین عواملی که با توجه به تحریم‌ها و محدودیت در افزایش ظرفیت کشنده‌های ریلی و واگن‌ها می‌تواند این افزایش ۱۵۰ میلیون تنی را رقم زند بالارفتن کارایی شرکت و در نتیجه افزایش ظرفیت‌های خطوط و ناوگان در دسترس می‌باشد. با بررسی آمار و ارقام و مقایسه با سنجه‌های بین‌المللی می‌توان این موضوع را پذیرفت که بهره‌وری راه‌آهن ایران کمتر از یک‌سوم استانداردهای جهانی می‌باشد (I.R.I Railways, 2024). به‌عنوان نمونه یکی از تعهدات پذیرفته‌شده در موافقتنامه حمل و نقل بین‌المللی کالا از طریق راه‌آهن، هر قطار باری می‌بایست به‌صورت روزانه ۳۰۰ کیلومتر بار حمل نماید یا به عبارتی سرعت بازرگانی قطارهای باری می‌بایست حداقل ۱۳ کیلومتر بر ساعت باشد، اما با بررسی آمارها

درمی‌یابیم که در حال حاضر این میزان در راه آهن ایران تقریباً ۵۰ کیلومتر در روز می‌باشد (Shafi Naderi, 2022).

زیر ساخت خدمات ریلی یک موضوع کلیدی در توسعه خدمات و افزایش بهره‌وری ریلی است (Hadizadeh Raisi et al., 2023)؛ اما می‌توان استدلال نمود که در صورت وجود ظرفیت و زیرساخت در خصوص افزایش ۴ برابری تناژ حمل، بهره‌وری پایین عوامل حمل و نقل از جمله لوکوموتیوها و واگن‌ها، این اجازه را به سازمان جهت تحقق هدف را نمی‌دهد، گویی این که در حال حاضر همین موضوع خود گلوگاه حمل می‌باشد. طی گزارش‌های اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها ایران از نظر تعداد لوکوموتیوها در رده مناسب ۱۴ام قرار دارد، اما می‌توان دریافت عملکرد همین تعداد لوکوموتیو در کشور ما بسیار ناچیز و کمتر از یک‌سوم میانگین جهانی است (Shafi Naderi, 2022). یکی از چالش‌های کلیدی در این خصوص ارزیابی و تعیین سهم کارایی مناطق است. لذا به منظور ارزیابی و مواجه با موضوع در این پژوهش با استفاده از تحلیل پنجره‌ای داده‌ها طی سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ کارایی مناطق کلیدی مرزی راه آهن شامل خراسان، شمال شرق ۲، جنوب غرب، آذربایجان و هرمزگان به عنوان پل‌های ارتباطی راه آهن ایران با سایر کشورهای همسایه بر پایه رتبه‌بندی کارایی فنی و کارایی فنی خالص مشخص می‌گردد و در نهایت رتبه‌بندی می‌شود.

۲-پیشینه تحقیق

در خصوص مطالعه ارزیابی کارایی تا کنون مطالعات زیادی انجام شده است؛ ولی در حوزه مطالعات کارایی در صنعت حمل و نقل ریلی مطالعات بسیار محدودتر هستند. پورکاظمی و رضایی در مطالعه ارزیابی کارایی نواحی سیزده‌گانه راه آهن جمهوری اسلامی ایران به روش تحلیل پوششی داده‌ها با دو فرض بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر، به ارزیابی کارایی نواحی ۱۳ گانه راه آهن ایران پرداخته‌اند. در این تحقیق باتوجه به روش‌های نا پارامتری که بر پایه تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی استوار می‌باشد، به این نتیجه دست پیدا کرده‌اند که نواحی تهران، اصفهان، هرمزگان و خراسان از بیشترین کارایی برخوردار بوده‌اند (Purkazemi & Rezaei, 2003). همچنین پور کاظمی و همکارانش (۱۳۸۶) در مطالعه ارزیابی کارایی راه آهن جمهوری اسلامی ایران در مقایسه با راه آهن‌های کشورهای آسیائی و خاورمیانه با استفاده از روش

تحلیل پوششی داده‌ها و اندازه‌گیری کارایی راه آهن ایران و مقایسه با ۲۴ کشور آسیایی و خاورمیانه در بازه زمانی ۵ ساله از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، پرداخته‌اند (Purkazemi et al., 2007). بررسی کارایی و بهره‌وری کشورهای مذکور با استفاده از DEA و شاخص مالم کوئیست و تحت شرایط بازده به مقیاس ثابت و بازده به مقیاس متغیر محاسبه گردیده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان کارایی فنی ایران در شرایط CRS برابر ۰,۵۹۰ و در شرایط VRS برابر ۰,۶۱۰ اندازه‌گیری شده است. همچنین در تمامی رتبه‌بندی‌ها، رتبه‌ای بهتر از ۱۱ برای راه آهن ایران به دست نیامده است. موحد و حسینی (۱۳۸۹) در مطالعه «تعیین و رتبه‌بندی کارایی نواحی مختلف راه آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها» کارایی فنی نواحی چهارده‌گانه راه آهن جمهوری اسلامی ایران اندازه‌گیری و مقایسه شده است. همچنین واحدهای الگو برای نواحی ناکارا معرفی و نواحی کارا رتبه‌بندی گردیده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۷ از مجموع ۱۴ ناحیه مورد بررسی تعداد ۵ ناحیه در حالت CRS (کارایی فنی کل) و تعداد ۹ واحد در حالت VRS کارایی فنی خالص) کارا می‌باشند و میانگین کارایی مجموع نواحی در این دو حالت به ترتیب برابر با ۰,۶۶۶ و ۰,۷۸۲ بوده است (Movahed & Hosseini, 2010).

حسینی و درویش متولی (۱۳۹۴) در مطالعه ارزیابی عملکرد و تعیین شاخص‌های قابل کنترل و غیرقابل کنترل در ایستگاه‌های راه آهن ایران به تحلیل کارایی ۴۵ ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۲ پرداخته‌اند. طول خطوط ریلی ایستگاه راه آهن، مساحت ایستگاه راه آهن و مساحت پایانه به عنوان ورودی‌ها و تعداد سفرهای انجام شده، تعداد مسافر جابه‌جاشده و بار و محموله پستی جابه‌جاشده نیز به عنوان خروجی‌ها لحاظ شده است. مدل پایه به کاررفته در این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد ایستگاه‌های راه آهن، مدل دورگه می‌باشد که عوامل غیرقابل کنترل نیز در آن اعمال شده است (Hosseini & Darvish Motavali, 2015). همچنین به منظور ارائه تحلیل مناسبی از عملکرد ایستگاه راه آهن‌ها، ۴۵ ایستگاه راه آهن مورد ارزیابی به روش دسته‌بندی در سه گروه ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تایی قرار گرفته، مدل طراحی شده در حالت CRS بر روی هر سه دسته اجرا و نتایج مربوط به آن‌ها مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. در مرحله بعد، عملکرد ایستگاه‌های راه آهن با استفاده از مدل پایه CCR و بدون

(۱۳۹۸) در مطالعه سنجش کارایی نسبی و رتبه بندی شعب بانکها، رویکرد پنجره ای: مطالعه موردی استان زنجان کارایی شعب بانکها با روش تحلیل پوششی دادهها در قالب رویکرد پنجره ای را مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق، ورودی شعب شامل سه متغیر بهای تمام شده خدمات، تعداد پرسنل، مبلغ مطالبات معوق به کل تسهیلات اعطایی هر شعبه و خروجیها شامل متغیر منابع جذب شده، مصارف و تعداد مشتریان برای هر سال می باشد. در نهایت نتایج با تحلیل پوششی دادهها با رویکرد پنجره ای مورد تحلیل قرار گرفته و شعب کارا و ناکارا مشخص و بر این اساس رتبه بندی شدند (Darodi & Amini, 2019). پناهنده و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه ارائه مدل تحلیل پوششی دادهها بر پایه برنامه ریزی آرمانی و محدودیت وزنی برای ارزیابی کارایی و رتبه بندی واحدهای تصمیم گیرنده در بانک قوامین به ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده پرداخته است. در این پژوهش برای تعیین کارایی مدیریت شعب استانها در بانک قوامین نخست مدل CCR کلاسیک به کارگیری شد. به منظور افزایش قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم گیرنده کارا از ناکارا، مدل برنامه ریزی آرمانی با محدودیت وزنی ترکیب شده یک مدل جدید تحت عنوان برنامه ریزی آرمانی تحلیل پوششی دادهها با محدودیت وزنی ارائه گردید. براساس مقادیر خروجی مدل CCR کلاسیک، ۱۶ واحد از ۳۲ واحد تصمیم گیرنده کارا و ۱۶ واحد ناکارا شدند (Panahandeh Khojin et al., 2021).

جیتسوزومی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه علل ناکارآمدی در راه آهن ژاپن به بررسی دادهها راه آهن ژاپن و باتوجه به مشکلات پیش آمده به بررسی این موضوع پرداخته اند که علل ناکارآمدی درونزا و قابل کنترل توسط مدیران و یا برونزا می باشد. در این مقاله سطح بهینه یارانه پرداختی به ۵۳ عامل راه آهن ژاپن جهت بهبود عملکرد، را محاسبه نموده اند. (Jitsuzumi & Nakamura, 2010)

مرکرت و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه «مقایسه معیار شرکت های عملیاتی قطار با تجزیه و تحلیل کارایی هزینه معامله» معتقدند که مقایسه معیارهای شرکت های راه آهن مورد توجه قابل توجهی قرار گرفته است با این حال، به دلیل دادهها و محدودیت های روش شناختی، مطالعات قبلی بهره وری راه آهن نتوانسته اند به طور صریح نقشی را که معیارهای هزینه معاملات در تعیین عملکرد نسبی کارایی شرکت های مختلف ریلی یا

در نظر گرفتن عوامل غیر قابل کنترل، ارزیابی شده است. سپس میزان کارایی به دست آمده از مدلها با استفاده از تست نا پارامتری آماری آزمون و مجموع رتبهها مورد بررسی قرار گرفته است (Hosseini & Darvish Motavali, 2015).

علی مرادی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه ارزیابی کارایی بهره وری راه آهن سریع السیر کشورهای مختلف با تحلیل پوششی دادهها و تصمیم گیری چندمعیاره برای ارزیابی کارایی و بهره وری، از روش تحلیل پوششی دادهها و فرآیند تصمیم گیری چندمعیاره بهره جسته است (Alimoradi et al., 2016). در ابتدا، با استفاده از روش تحلیل پوششی دادهها با تکنیک VRS و CRS و بصورت CCR به محاسبه کارایی پرداخته اند. سپس با استفاده از روش اندرسون-پیترسون، رتبه بندی نهایی کشورهای کارا را مشخص نموده است. در ادامه مقاله، با استفاده از سه معیار اساسی مشخصات فنی، عوامل اقتصادی و عملکرد بهره برداری در فرایند تصمیم گیری چندمعیاره به ارزیابی بهره وری کشورهای مورد مطالعه پرداخته شده است. هر یک از این معیارها به زیرشاخه های فرعی تقسیم شده و فرآیند تصمیم گیری بر روی کل سیستم پیاده سازی شده است و در انتها، رتبه بندی کشورها از دو منظر کارایی و بهره وری تحلیل گردیده است. نتیجه این تحقیق نشان می دهد که اکثر کشورهای بهره مند از راه آهن سریع السیر، سطح مطلوبی از کارایی و بهره وری را دارا بوده و چهار کشور ژاپن، چین، فرانسه و اسپانیا به ترتیب رتبه های اول تا چهارم کارایی و بهره وری را دارند (Alimoradi et al., 2016).

پیکانی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه ارزیابی عملکرد سهام طی دوره های زمانی مختلف تحت شرایط عدم قطعیت: رویکرد تحلیل پوششی داده های پنجره ای فازی تحلیل پوششی داده های پنجره ای فازی با رویکرد ارزیابی عملکرد مالی سهام در طول دوره های زمانی متفاوت تحت عدم قطعیت دادهها را مورد بررسی قرار داده است. در این پژوهش در مدل سازی، از روش های تحلیل پوششی دادهها، تحلیل پنجره ای و برنامه ریزی امکانی استفاده شده است. همچنین مدل تحلیل پوششی داده های پنجره ای فازی بر روی پنج سهم از صنعت فرآورده های شیمیایی در بورس اوراق بهادار تهران برای چهار دوره زمانی از سال ۱۳۹۲ الی سال ۱۳۹۵ اجرا و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند که حاکی از کارآمدی رویکرد مذکور می باشد (Peykani et al., 2019). درودی و امیری

مانند کارت امتیازی عمل کند (Sharma et al., 2016). کالینان و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه بهبود کیفیت وسائل حمل و نقل ریلی باری سوئد: استفاده از تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین معیارها و قیمت‌گذاری با استفاده از DEA و مدل پایه CCR به دنبال ارائه شاخص‌های کیفی جهت ارزیابی وسائل نقلیه ریلی، ارزیابی و در نتیجه ارائه مدل قیمت‌گذاری شناور برای دسترسی به شبکه ریلی می‌باشد. هدف از این طرح ترغیب به استفاده از وسائل با کیفیت‌تر در جهت کاهش هزینه‌های تحمیلی به زیرساخت و ... است (Cullinane et al., 2017). لی و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه اندازه‌گیری کارایی فنی ادارات راه‌آهن چین به روش DEA به ارزیابی ۱۸ منطقه راه‌آهن چین که دارای ویژگی‌های عملیاتی و محیط منطقه‌ای متفاوتی می‌باشند، پرداخته‌اند. در این مقاله از داده‌های صنعت راه‌آهن چین در سال ۲۰۱۴ به عنوان نمونه تحقیق و از DEA و مدل تعمیم‌یافته آن برای محاسبه کارایی فنی ادارات راه‌آهن مختلف استفاده شده است. نتایج نشان داد که حمل و نقل بار نسبت به حمل مسافر در افزایش کارایی فنی اهمیت بیشتری دارد. ادارات راه‌آهن در منطقه میانه و غربی چین کارایی بالاتری نسبت به منطقه شرقی چین دارند. اداره راه‌آهن تایوان بالاترین کارایی فنی را در بین تمام ادارات راه‌آهن چین دارد (Li et al., 2018). بای و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه «پیش ارزیابی کارایی حاصل از ادغام‌ها و تملیک‌های بالقوه بر اساس رویکرد نمونه‌گیری مجدد DEA: شواهدی از منطقه راه‌آهن چین» با استفاده از داده‌های آماری از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵، به بررسی سناریوهای ادغام و تملیک در راه‌آهن چین و تأثیر آن بر کارایی با استفاده از روش DEA می‌پردازند. نویسنده اظهار می‌نماید که تأثیر قابل اتکایی در افزایش کارایی راه‌آهن چین در صورت اجرای این سیاست‌ها مشاهده نگردید (Bai et al., 2019). بلاگووچ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه کاربرد AHP فازی و DEA برای اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های ریلی حمل و نقل کالا» با استفاده از روش AHP فازی و با بررسی سیستم شرکت‌های راه‌آهن از بالکان غربی، اسلونی و کرواسی به انتخاب معیارهای مؤثر بر کارایی و رقابت‌پذیری پرداخته که معیارهای منابع، عملیات، مالی، کیفیت و ایمنی احصا شده‌اند. با استفاده از گزارش‌های منتشر شده توسط UIC در سال ۲۰۱۸ و با استفاده از روش CCR دو شرکت از اسلونی و صربستان دارای بیشترین کارایی و با استفاده از روش BCC علاوه بر دو شرکت

سیستم‌های ریلی ایفا می‌کنند، تحلیل کنند (Merkert et al., 2010). این مقاله معیارهای هزینه‌های معاملاتی را که اخیراً تولید شده است در یک تحلیل پوششی داده‌های راه‌اندازی شده دومرحله‌ای (DEA)، که روی نمونه‌ای از ۴۳ شرکت قطار سوئدی، آلمانی و بریتانیایی اعمال می‌شود، گنجانده است. در مرحله اول، تعداد کارکنان معامله به عنوان ورودی جداگانه (فیزیکی) در DEA گنجانده شده است. پس‌از آن، رگرسیون توبیت مرحله دوم دنبال می‌شود که به دنبال ارزیابی تأثیر عوامل نهادی (جدا سازی عمودی و نوع عملیات)، محیطی (رقابت) و معامله‌ای (ارزش پولی هزینه‌های معامله) بر کارایی فنی است. نتایج تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که عوامل معامله‌ای در تعیین کارایی فنی از عوامل نهادی و گشایش رقابت اهمیت بیشتری دارند (Merkert et al., 2010).

خادم ثامنی و پرستون (۲۰۱۶) در مطالعه ارزیابی کارایی ایستگاه‌های راه‌آهن مسافری: رویکرد DEA با داده‌های به دست آمده در سال ۲۰۱۴ از ۹۶ ایستگاه پرازدحام بریتانیا، به بررسی کارایی فنی بر اساس تجهیزات ایستگاه‌ها و میزان توقف قطارها پرداختند. در این مطالعه در مرحله دوم پژوهش به بررسی این موضوع پرداخته‌اند که توقف قطارها و ورود و خروج مسافران به ایستگاه‌ها به چه میزان منجر به جذب آنان برای به وجود آمدن مشاغل و فرصت‌های اقتصادی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در بخش اول: هر ۵ ایستگاه دارای کارایی واحد در بخش لندن واقع شده‌اند و در بخش دوم: ۱۴ ایستگاه در مرز بازدهی قرار دارند که ۱۳ ایستگاه نیز در بخش لندن و ۱ ایستگاه خیابان جدید بیرمنگام می‌باشد (Sameni & Preston, 2012).

شارما و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد خدمات حمل و نقل ریلی در ارائه خدمات ریلی و ارائه یک مفهوم جامع از ارائه خدمات را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها کیفیت عامل بنیان خدمات را بر اساس محدودیت‌هایی مانند در دسترس بودن داده‌ها و قوانین DEA تعریف کردند. از این رو، پارامترهای کیفیت خدمات در مطالعه آن‌ها به موقع بودن، میزان شکایات عمومی (رضایت مشتری) و سطح حوادث ناشی از قطار (ایمنی) است. روش DEA به عنوان یکی از ابزارهای معیار برای ارزیابی عملکرد ۱۶ راه‌آهن هند (IR) استفاده شد. این ارزیابی بر اساس کارایی و شناسایی مناطق نمونه انجام شد. نتایج این مطالعه می‌تواند به عنوان اهداف عملکردی در سیستم پاداش، سیستم های کنترل

(۱۳۸۹) در ایران، لی و همکاران (۲۰۱۸) در چین و شارما و همکاران (۲۰۱۶) در هندوستان (Li et al., 2018; Movahed, 2016; Hosseini, 2010; Sharma et al., 2016). برخی از تحقیقات نیز به محاسبه میزان کارایی ایستگاه‌ها پرداخته‌اند مانند حسینی و درویش متولی (۱۳۹۴) در ایران و خادم ثامنی و پرستون (۲۰۱۶) در بریتانیا (Hosseini & Darvish, 2012; Sameni & Preston, 2015; Motavali, 2015). البته به نظر می‌رسد، در هیچ پژوهشی در حوزه ریلی، از روش پنجره‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، استفاده نشده‌است. با بررسی تحقیقات گذشته می‌توان این‌گونه توضیح داد که استفاده از شاخص‌های کلی و یا مسافر بیش‌تر موردتوجه قرار گرفته است و کم‌تر مانند کالینین و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه شاخص‌های حمل بار را مدنظر قرار داده‌اند (Cullinane et al., 2017). در این پژوهش با توجه به اهمیت حمل بار در کسب درآمد شرکت، شاخص‌های حمل بار مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفته است. البته با توجه به تنوع شاخص‌های ذکر شده، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری، مواردی که بیش‌تر سازمان را در جهت رسیدن به اهداف استراتژیک هدایت می‌نمایند، مورد انتخاب قرار خواهد گرفت. شاخص‌هایی که نقش مهم‌تری در تحقق اهداف استراتژیک شرکت ایفا می‌کنند، انتخاب می‌شوند. پیش‌تر بلاگوژیچ و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش AHP فازی به غربال شاخص‌ها مبتنی بر میزان تأثیر بر حل مشکلات اصلی پرداخته‌اند (Blagojević et al., 2020). به طور کلی به عنوان طرح شکاف تحقیقاتی می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به تحقیقات پورکاظمی و رضایی با استفاده از DEA به ارزیابی مناطق ۱۳ گانه راه‌آهن ایران و در سال ۱۳۸۹ موحد و حسینی نیز با استفاده از همین روش به ارزیابی مناطق ۱۴ گانه پرداخته‌اند (Hosseini & Darvish, 2015; Motavali, 2015; Purkazemi et al., 2007). اما با توجه به اینکه مناطق راه‌آهن دارای ماهیت‌های متفاوتی می‌باشند؛ بعضی از مناطق در حمل مسافر و بعضی دیگر در حمل بار دارای اهمیت می‌باشند و یا از منظر حمل بارهای داخلی یا بین‌الملل دارای تفاوت می‌باشند؛ تاکنون هیچ مقایسه و ارزیابی از مناطق همگن که دارای ماهیت مشابه هستند، صورت نگرفته است. این موضوع اهمیت پژوهش در این حوزه را پررنگ می‌کند. علاوه بر آن، تمامی مطالعات ذکر شده، با استفاده از شاخص‌های کلی حمل بار و مسافر، به ارزیابی پرداخته‌اند. همچنین روش DEA پنجره‌ای در صنعت

ذکر شده ۳ شرکت دیگر نیز دارای کارایی معادل واحد می‌باشند (Blagojević et al., 2020). میچالی و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه «تجزیه و تحلیل کارایی آلودگی صوتی راه‌آهن اروپا: مدل DEA شبکه‌ای» به مطالعه ارزیابی کارایی زیست‌محیطی راه‌آهن در ۲۲ کشور اروپایی طی سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷، با در نظر گرفتن دو عامل مقاوم‌سازی ناوگان واگن با فناوری ترمز بی‌صدا و تعداد افرادی که تحت تأثیر صدای راه‌آهن قرار دارند، پرداخته‌اند. در این تحقیق با استفاده از فرض VRS و یک مدل با فرآیند دو مرحله‌ای که مرحله اول مربوط به مدیریت دارای و مرحله دوم مربوط به ارائه خدمات حمل بار و مسافر ارائه شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کشورهای آلمان، استونی و لهستان در این حوزه کارا می‌باشند (Michali et al., 2021). دیوردژیچ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه تجزیه و تحلیل وابستگی و اهمیت شاخص‌های کلیدی برای نظارت بر پایداری راه‌آهن: یک رویکرد یکپارچه جدید با DEA و همبستگی پیرسون باهدف ارائه مجموعه‌ای از شاخص‌های کلیدی مناسب برای نظارت بر پیشرفت پایداری در حمل و نقل ریلی در محدوده اتحادیه اروپا ارائه نمودند (Djordjević et al., 2021). به دلیل در دسترس نبودن داده‌ها برای همه شاخص‌ها، رویکردی با مجموعه کوچک‌تری از شاخص‌ها اتخاذ شد. در این رویکرد، وابستگی شاخص‌ها با استفاده از تحلیل همبستگی ارائه شد. همچنین نویسنده پیشنهاد نموده است که تحقیقات بعدی با استفاده از روش جدید غیر محوری صورت پذیرد. بررسی تحقیقات مرتبط پیشین نشان می‌دهد، مطالعات گسترده‌ای از ارزیابی عملکرد ریلی کشورها با استفاده از روش DEA مانند پور کاظمی و سلطانی (۱۳۸۶) که به مقایسه راه‌آهن‌های آسیا پرداخته‌اند، دیوردژیچ و همکاران (۲۰۲۱) که ارزیابی راه‌آهن‌های اروپا را مدنظر قرار داده‌اند (Djordjević et al., 2007; Purkazemi et al., 2021)؛ و علی مرادی و همکاران (۱۳۹۵) که راه‌آهن‌های دارای قطار سریع السیر را مورد ارزیابی قرار داده‌اند (Alimoradi et al., 2016)، صورت گرفته و برخی از مطالعات مانند مرکرت و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی شرکت‌های حوزه حمل و نقل ریلی پرداخته‌اند (Merkert et al., 2010). همچنین در برخی از مطالعات، عملکرد مناطق مختلف راه‌آهن یک کشور از نقطه نظر جغرافیایی مورد ارزیابی قرار گرفته است مانند مطالعات موحد و حسینی

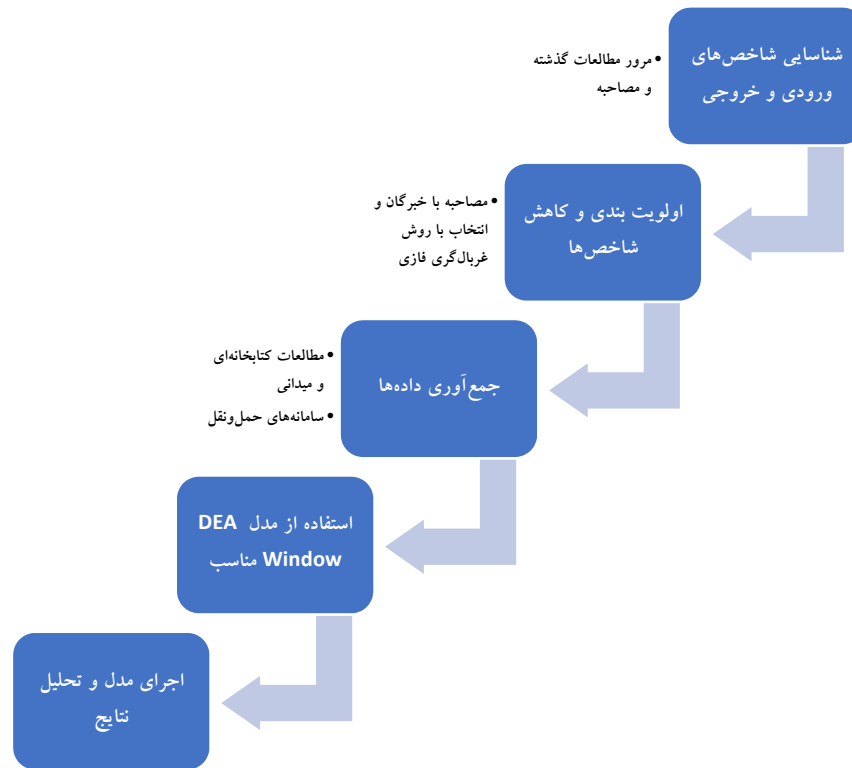
۳-روش تحقیق

۳-۱-روش غربالگری فازی

یکی از مشکلات پیش‌رو در خصوص استفاده از روش DEA تعداد زیاد شاخص‌های ورودی و خروجی می‌باشد. بنابراین هر انتخاب بین ورودی‌ها و خروجی‌های متفاوت، نتایج ارزیابی کارایی متفاوتی را می‌توان به دست آورد (Majidi et al., 2021). در نتیجه، مساله انتخاب مناسب ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک موضوع مهم برای بهبود روش DEA تبدیل می‌شود. از همین رو انتخاب یک روش توسعه مدل با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره سبب بهبود عملکرد مدل می‌شود (Popović, 2019). در مطالعات گذشته ترکیب متفاوتی از روش‌های مذکور استفاده و به‌کارگیری شده‌است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به AHP، تاپسیس، ویکور، ANP و PCR اشاره نمود (Stević et al., 2022). به‌منظور کاهش تعداد شاخص‌ها و انتخاب شاخص‌ها با مطلوبیت بیش‌تر که سبب افزوده شدن به غنای پژوهش می‌گردد، از روش غربالگری فازی استفاده می‌شود. این روش مشابه تکنیک دلفی است با این تفاوت که تنها در یک دور انجام می‌شود و هدف اصلی آن غربال نمودن معیارها یا شاخص از منظر تیم خبره در یک موضوع تخصصی است (Hajimirzajan et al., 2022). به عبارت بهتر روش غربالگری، رویکردی برای ایجاد اجماع در مسائلی است که اهداف و مولفه‌های آن به صراحت مشخص نیستند و با توجه به اینکه ارزیابی‌های متخصصان مبتنی بر تجربه و تخصص بوده و انتزاعی هستند، بهتر است؛ استفاده از اعداد فازی در ارزیابی به جای اعداد قطعی بسیار بهتر است (Izadikhah et al., 2021). روش غربالگری فازی با ادغام روش غربالگری سنتی و تئوری فازی از عملکرد بهتری برخوردار است. که در ادامه به معرفی آن می‌پردازیم. غربالگری فازی دارای دو مرحله فرایند است و از سه جزء تشکیل شده است: اول، گزینه‌های که می‌خواهیم از بین آن‌ها زیرمجموعه انتخاب کنیم.

ریلی مورد استفاده قرار نگرفته است. در این مطالعه، علاوه بر انتخاب و ارزیابی پنج منطقه با قرارگیری در نقاط مرزی کشور و حمل بارهای بین‌الملل، با استفاده از روش پنجره‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، ارزیابی و رتبه‌بندی کارایی فنی صورت می‌پذیرد. همچنین باتوجه به تعداد زیاد شاخص‌ها به‌ویژه شاخص‌های خروجی، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری شاخص‌ها غربالگری فازی گردیده‌است. روش اجرای این پژوهش مطابق مراحل شکل ۱ تشریح شده است. براین‌اساس ابتدا شناسایی شاخص‌های ورودی و خروجی از طریق انجام مصاحبه با تیم خبره، انجام می‌شود. در قسمت قبل مرور مطالعات گذشته و بررسی ادبیات تحقیق بررسی شد. در گام بعد اولویت‌بندی و کاهش شاخص‌ها از طریق مصاحبه با خبرگان با روش غربالگری فازی صورت می‌گیرد. مهم‌ترین تفاوت ارزیابی سنتی کارایی و رویکرد تحلیل پوششی انتخاب ورودی و خروجی‌های مناسب است و از این رو انتخاب این ورودی و خروجی‌ها بسیار با اهمیت است. یک رویکرد مناسب برای انتخاب این خروجی‌ها روش غربالگری فازی است. همچنین معرفی روش تحلیل پوششی داده‌ها پنجره‌ای مد نظر است که در شکل ۱ به تشریح آن می‌پردازیم.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی مطابق روش ارائه شده در شکل ۱، بررسی وضعیت مناطق مورد مطالعه راه‌آهن ج.ا.ا و سامانه‌های حمل‌ونقل انجام شد. سپس به‌کارگیری مدل DEA پنجره‌ای مناسب برای مناطق راه‌آهن بر اساس دو نوع کارایی (کارایی فنی، کارایی فنی خالص) به‌منظور ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی انجام می‌شود. در نهایت پس از اجرای مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت پنجره‌ای و تحلیل نتایج آن توسعه‌هایی برای ارزیابی عملکرد مناطق و شناسایی فرصت‌های بهبود کارایی ارائه می‌گردد.



شکل ۱. مراحل انجام پژوهش

$$A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\} \quad (1)$$

دوم شاخص‌هایی که انتخاب گزینه‌های تصمیم بر اساس آن‌ها انجام می‌شود.

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\} \quad (2)$$

و در نهایت سومین جزء نیز خبرگانی هستند که غربالگری با استفاده از نظرات آن‌ها انجام می‌گردد.

$$E = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_r\} \quad (3)$$

با استفاده از متغیرهای زبانی هفتگانه شامل (خیلی کم، کم، نسبتاً کم، متوسط، نسبتاً زیاد، زیاد و خیلی زیاد) معادل S_1 تا S_7 امتیازدهی انجام می‌شود (Amirteimoori et al., 2023).

هرکدام از خبرگان می‌بایست اعلام نمایند که هرکدام از گزینه‌های تصمیم چه مقدار شاخص‌های مختلف را تأمین می‌نمایند. این بررسی از اقناع شاخص‌ها توسط گزینه‌های تصمیم

کاربرد چنین مقیاسی یک ترتیب طبیعی از S_i ‌ها ایجاد می‌کند، بنحوی که برای هر $j < i$ داریم $S_i < S_j$

$$\text{Max}(S_i, S_j) = S_i \quad S_i < S_j \quad (4)$$

$$\text{Min}(S_i, S_j) = S_i \quad S_i \geq S_j \quad (5)$$

براین اساس مجموعه‌ای از ارزش‌ها به‌ازای هر گزینه ارائه نموده که میزان یا درجه اقناع گزینه موردنظر را در ارتباط با معیار j ام نمایش می‌دهد.

$$\{\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n\} \quad (6)$$

گام بعدی در این فرایند، پیدا کردن ارزیابی واحد هر فرد خبره از هر گزینه است. بدین منظور باید اندازه منفی اهمیت به صورت زیر تعیین شود.

$$Neg(s_i) = S_{q-i+1} \quad (7)$$

که در رابطه فوق q بیانگر تعداد نقاط در مقیاس انتخاب شده است که در مقیاس $(S_1, S_2, S_3, \dots, S_7)$ تعداد نقاط ۷ می باشد آن گاه نمره واحد گزینه ها توسط هر فرد خبره (U) به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} U_{ik} &= \min\{Neg(I_{kj}) \vee p_{ijk}\} \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ K &= 1, 2, \dots, r \end{aligned} \quad (8)$$

k ام است. نتیجه مرحله اول فرایند غربالگری به دست آوردن نمرات واحد افراد خبره به گزینه های مختلف است.

$$U_{ik} = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ir}\}$$

که در آن U_{ik} نمره واحد فرد خبره k در ارتباط با گزینه i ام، I_{kj} درجه اهمیت معیار j ام از نظر فرد خبره K ام و p_{ijk} بیانگر میزان امکان افق معیار j ام توسط گزینه i ام از نظر فرد (9)

بدنه تصمیم گیری یک ارزش $Q_A(k)$ فراهم می نماید. $Q_A(k)$ بیان می دارد که اگر k فرد خبره از گزینه ای راضی باشند، آن گاه چگونگی پذیرش یک گزینه چه خواهد بود. حال اگر q بیانگر تعداد نقاط در مقیاس انتخاب شده و r بیانگر تعداد افراد خبره مشارکت کننده در تصمیم گیری باشد، آن گاه تابع اجماع نظر به صورت توابع (۱۱ و ۱۰) در قسمت ذیل تعریف می شوند.

$$Q_A(k) = S_{b(k)} \quad K = 1, 2, \dots, r$$

$$B(k) = \text{Int}[1 + (k * (q - 1) / r)] \quad K = 1, 2, \dots, r \quad (11)$$

که در آن int بیانگر تابع عدد صحیح است و روشن است که در تابع فوق q و r هر چه باشند، مطابق رابطه (۱۲ و ۱۳) داریم.

$$Q_A(0) = S_1 \quad (12)$$

$$Q_A(r) = S_q \quad (13)$$

یک از گزینه ها، ارزیابی واحد افراد خبره باید به صورت نزولی مرتب گردد. B_{ij} بیانگر j امین بالاترین نمره راهکار i است که بر اساس آن می توان ارزیابی کلی از راهکار i را به صورت رابطه ۱۴ محاسبه نمود.

$$u_i = \max_j \{Q(j) \wedge B_{ij}\} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

را لازم می داند) در نظر گرفت. عملگر $\max$ نقش جمع را در روش میانگین گیری عددی معمولی ایفا می کند.

۳-۲- روش تحلیل پوششی داده های پنجره ای

روش تحلیل پوششی داده ها یکی از روش های ناپارامتری جهت اندازه گیری میزان کارایی واحدهای تولیدی و خدماتی با

در مرحله دوم از فرایند غربالگری فازی به ترکیب ارزیابی های انجام شده توسط افراد خبره می پردازیم تا یک ارزیابی کلی از هر گزینه به دست آوریم. اولین گام در این مرحله آن است که یک تابع اجماع نظر (Q) برای بدنه تصمیم گیری تعیین نماییم. این تابع بیان می دارد که توافق چه تعداد از افراد خبره لازم است تا یک گزینه مورد قبول قرار گرفته و از فرایند غربالگری عبور نماید. براین اساس، برای هر $(k = 1, 2, \dots, r)$ فرد خبره،

$$(10)$$

$$(11)$$

که در آن int بیانگر تابع عدد صحیح است و روشن است که در تابع فوق q و r هر چه باشند، مطابق رابطه (۱۲ و ۱۳) داریم.

$$(12)$$

$$(13)$$

بعد از انتخاب مناسب تابع اجماع نظر، می توانیم از عملگر OWA برای اجماع نظر خبرگان استفاده کنیم. در این جا برای هر یک از m گزینه، یک نمره واحد توسط فرد خبره k ام که در مجموعه یک تا r قرار دارد؛ ارائه شده است. حال برای هر (14)

که در این رابطه B_{ij} بیانگر ارزش j امین نمره خوب راهکار i است. $Q(j)$ بیانگر آن است که تصمیم گیرنده چقدر احساس می کند که حمایت حداقل j فرد خبره لازم است. $Q(j) \wedge B_{ij}$ را می توان به عنوان وزن دهی به j امین نمره خوب گزینه (B_{ij}) بر اساس خواست تصمیم گیرنده (که حمایت j فرد خبره $Q(j)$

طریق مرز رازی، به ایفای نقش در حوزه حمل و نقل می‌پردازد. راه‌آهن جنوب غرب به مرکزیت زاهدان و ایستگاه مرزی میرجاوه و قرارگیری در مسیر کشور پاکستان دارای نقش استراتژیک می‌باشد (Koyagi, 2021).

باتوجه به سرمایه‌گذاری‌های گسترده چین، در اتصال به دریای عمان از طریق کشور پاکستان، سرمایه‌گذاران می‌توانند باتوجه به این بخش، از حذف کریدورهای ترانزیتی ایران در مسیر چین - اروپا جلوگیری نمایند و در نهایت راه‌آهن هرمزگان با اتصال کشور به آب‌های آزاد بین‌المللی، همچنین احیای مسیر جاده ابریشم و ایجاد کریدور سرخس - بندرعباس، در این پژوهش انتخاب شده است. باتوجه به شرایط سیاسی و اقتصادی متفاوت کشور در سال‌های مختلف و تأثیری که بر حمل بارهای بین‌الملل به‌جا می‌گذارد، مطالعه مناطق منتخب در طول چند سال، سبب افزایش دقت و قابلیت اطمینان پژوهش می‌گردد. به همین منظور داده‌ها در طول پنج سال اخیر یعنی از سال ۹۵ تا سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری گردیده‌است. در این تحقیق شاخص‌های ارزیابی مناطق از نگاه خبرگان پژوهش از جمله مدیرکل منطقه خراسان، معاون بهره‌برداری و ناوگان منطقه خراسان، معاون بهره‌برداری و ناوگان منطقه شمال شرق ۲ رئیس بازرگانی منطقه جنوب شرق، معاون بهره‌برداری و ناوگان منطقه هرمزگان، رئیس ناوگان منطقه آذربایجان، کارشناس بهره‌برداری ستاد شرکت، رئیس بازرگانی منطقه خراسان و کارشناس حمل و نقل بین‌الملل منطقه خراسان، انتخاب و غربال شده‌اند. افراد منتخب از میان افراد برجسته و شاخص در مسئولیت‌های کلیدی حوزه عملیات ریلی و از متخصصان شرکت راه آهن ج.ا.ا انتخاب شده‌اند.

استفاده از ورودی و خروجی‌های مشترک برای چند واحد تصمیم‌گیری است. یکی از مواردی که به افزایش کیفیت پژوهش در حوزه تحلیل پوششی داده‌ها کمک می‌کند، انتخاب واحدهای همگن از لحاظ نوع عملکرد و وجود تعداد واحدهای ارزیابی‌شونده کافی است. مناطق شرکت راه آهن ج.ا.ا دارای ماهیت‌های متفاوتی از لحاظ نوع عملکرد هستند. به همین دلیل، ۵ منطقه همگن که دارای ماهیت حمل بارهای بین‌الملل می‌باشند، از بین مناطق ۲۰ گانه راه آهن ج.ا.ا، جهت ارزیابی انتخاب شده‌اند.

۴- مورد مطالعه

بر اساس آنچه اشاره شد، مطابق شکل ۲ در این مطالعه مناطق خراسان به مرکزیت مشهد، هرمزگان به مرکزیت بندرعباس، آذربایجان به مرکزیت تبریز، جنوب غرب به مرکز زاهدان و شمال شرق ۲ به مرکزیت گرگان مورد توجه مدل ارزیابی پیشنهادی قرار خواهند گرفت. مناطق اشاره‌شده همگی در نقاط مرزی واقع شده و از مهم‌ترین مناطق در حمل بارهای ریلی بین‌المللی می‌باشند. هر یک از این مناطق دارای اهمیت ویژه‌ای در حمل و نقل بار به عنوان کریدورهای حیاتی ریلی در سطح کشور هستند. راه‌آهن خراسان با قرارگیری در شمال شرق کشور، ایران را از طریق مرز سرخس به کشورهای مستقل مشترک منافع CIS متصل نموده و مبدأ حدود ۷۰ درصد از ترانزیت ریلی کشور می‌باشد (Abkooch & Rahnema, 2024). راه‌آهن شمال شرق ۲ به مرکزیت گرگان ایران را همانند سرخس از طریق مرز اینچه‌برون به کشور ترکمنستان متصل می‌نماید. راه‌آهن آذربایجان با قرارگیری در مسیر کریدور اتصال آسیا به اروپا از



شکل ۲. نقشه مرزبندی جغرافیایی ادارات کل مناطق راه‌آهن

۴-۱- مصاحبه با خبرگان و غربال گری شاخص ها

در این پژوهش ابتدا با دریافت نظرات خبرگان و با ارائه شاخص های مطالعات گذشته در جلسه، مهم ترین شاخص ها بر اساس اهمیت بر در فرآیند سیر و حرکت ایمن بار و در محدوده مهمترین مناطق موثر احصا گردید و سپس شاخص های تعیین شده برای تیم خبرگان ارسال و پس از جمع آوری با استفاده از روش غربالگری شاخص های موردنظر انتخاب شدند. در گام



شکل ۳. مهمترین شاخص های اولیه ورودی و خروجی ارزیابی مناطق راه آهن شرکت ج.ا.ا.

۴-۲- بررسی ورودی و خروجی ها

در شکل ۳، مهمترین شاخص های موثر بر ارزیابی مناطق مشاهده می شوند. پس از تحلیل نظرات و اجرای روش غربالگری فازی، در نهایت شاخص های تعداد نیروی انسانی، طول خطوط ریلی و هزینه های عملیاتی به عنوان ورودی و شاخص های تن کیلومتر مبدأ - مقصد، تناژ بارگیری، بهره وری واگن باری و بهره وری لوکوموتیو باری به عنوان شاخص های خروجی انتخاب شده اند که در ادامه به تعریف شاخص های انتخاب شده می پردازیم.

لوکوموتیو و یا واگن در گردش/ در سیر

منظور از لوکوموتیو و یا واگن در گردش تعداد کل ناوگان در اختیار است و در خصوص لوکوموتیو و یا واگن در سیر، مقدار در گردش منهای موارد در دست تعمیر است.

پس از انتخاب شاخص ها روابط مدل اصلی پژوهش با استفاده از نرم افزار LINGO تعیین و اجرا گردید. همان طور که در بخش قبل اشاره شد، شاخص ها با استفاده از نظرات تیم تصمیم، مطابق شکل ۳ مهمترین شاخص های اولیه ورودی و خروجی ارزیابی مناطق راه آهن شرکت ج.ا.ا. استخراج گردید. این شاخص ها عموماً شامل مهمترین ورودی ها و عوامل موثر بر افزایش ظرفیت حمل بار در بخش ورودی و همچنین کلیدی ترین شاخص های خروجی برای ارزیابی کارایی مناطق در حوزه حمل بار می باشند. تعریف این شاخص ها مطابق با شیوه نامه استقرار چرخه مدیریت بهره وری در راه آهن ج.ا.ا. با تایید سازمان بهره وری ایران انجام شده است (Qayyumi, 2018). در ادامه هر یک از شاخص های اولیه استخراج شده در شکل ۳ تشریح می شود و در ادامه اهمیت آنها مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تن کیلومتر مرزی و مبدأ - مقصد

تن کیلومتر مرزی تنها میزان جابه‌جایی در هر ناحیه بوده؛ ولی تن کیلومتر مبدأ - مقصد میزان کل جابه‌جایی (از ابتدای بارگیری تا تخلیه) در راه‌آهن ایران است.

سرعت بازرگانی

سرعت بازرگانی نیز از تقسیم میزان جابه‌جایی قطار باری بر زمان آن که از لحظه شروع بارگیری تا پایان تخلیه است، محاسبه می‌گردد.

تعداد نیروی انسانی

اطلاعات نیروی انسانی به تفکیک منطقه علاوه بر سیستم منابع انسانی در سالنامه آماری راه‌آهن که هر ساله در پرتال این شرکت درج می‌گردد.

طول خطوط ریلی

این معیار از مجموع طول خطوط اصلی، فرعی، آنتنی تجاری و صنعتی، تعداد سوزن‌ها و... به دست می‌آید. عدد استخراج شده با استفاده از آمار موجود در سال نامه آماری شرکت راه‌آهن، به دست آمده است.

هزینه‌های عملیاتی

این شاخص از سامانه دفترداری راه‌آهن احصا شده و شامل سرفصل‌هایی از قبیل هزینه تعمیرات جاری ماشین‌آلات و... هزینه سوخت و روغن کشش و آلات ناقله ریلی، نگهداری خط و... است.

تن کیلومتر مبدأ - مقصد

از مجموع حاصل ضرب کیلومتر جابه‌جا شده هر بار در تناژ آن محاسبه می‌گردد. منبع استخراج این شاخص سامانه تخلیه و بارگیری از پایگاه داده اطلاعات شرکت راه‌آهن است. این سامانه یک سامانه اطلاعاتی شرکت راه‌آهن ج.ا.ا برای دسترسی بر خط به اطلاعات تخلیه و بارگیری و میزان سیر حمل و نقل ریلی است.

تناژ بارگیری

میزان باری که در هر منطقه بارگیری گردد اطلاق می‌شود. بدیهی است که باری برای یک منطقه تناژ محسوب می‌گردد که مبدأ بار همان منطقه باشد. منبع استخراج این شاخص سامانه تخلیه و بارگیری از پایگاه داده اطلاعات شرکت راه‌آهن ج.ا.ا است.

بهره‌وری واگن باری

این شاخص بر اساس حاصل تقسیم تن کیلومتر بر مجموع واگن روز باری و واگن روز باری متوقف در هر اداره کل به دست می‌آید. این شاخص نشانگر نحوه استفاده از واگن‌های در اختیار است.

بهره‌وری لوکوموتیو باری

این شاخص بر اساس حاصل تقسیم تن کیلومتر بر لوکوموتیو روز معادل به دست می‌آید و نشانگر نحوه استفاده از لوکوموتیوهای در اختیار است. این شاخص مانند شاخص قبل از سامانه هوش تجاری از پایگاه داده اطلاعات شرکت راه‌آهن ج.ا.ا استخراج شده است.

۴-۳- پیاده سازی مدل

در فرآیند غربالگری فازی ده نفر از خبرگان راه‌آهن منتخب از نواحی ۵ گانه مورد ارزیابی، مشارکت کرده و هر شاخص پیشنهادی از جانب خبرگان مبتنی بر معیارهای چندگانه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مرحله اول، از همه افراد خواسته شد که ارزیابی خود از هر گزینه را ارائه کنند و معیارهای مختلف را که بر اساس نظرات تیم تصمیم در جلسه طوفان فکری انتخاب شده بود، بر اساس مقیاس‌های فازی وزن‌دهی کنند. برای این مهم در ابتدای پرسش‌نامه از خبرگان خواسته شد به هر معیار با استفاده از طیف ۷ گانه فازی اشاره شده وزن‌دهی نمایند. از سوی دیگر، هر فرد خبره باید ابراز می‌کرد که هر شاخص ذکر شده، به چه میزانی معیارها را اقناع می‌کند. پس از جمع‌آوری نظرات در قالب فرم نظرسنجی در گام دوم، می‌بایست ارزیابی‌های فردی ادغام می‌گردید. به همین منظور، تمامی روابط غربالگری فازی، در فایل اکسل ایجاد و مراحل کار بر اساس آن چه در بخشهای بعدی اشاره می‌گردد، طراحی و اجرا گردید. روش تحلیل پنجره‌ای ضمن تمایز بین کارایی فنی خالص (مدیریت) و کارایی فنی برای اندازه نمونه‌های کوچک از آنجایی که باعث ایجاد درجه آزادی بزرگ‌تر برای نمونه می‌شود؛ بسیار مناسب است. در تحلیل پنجره‌ای عملکرد هر DMU در طول زمان به گونه‌ای ارزیابی می‌شود که گویی در هر دوره زمانی دارای هویت متفاوتی است. این روش کمک می‌کند که عملکرد هر واحد یا DMU را در طول زمان ردیابی کنیم. ما در اینجا پنج ناحیه شرکت راه‌آهن که دارای ماهیت مشابه و همگن

هر پنجره برای ۵ منطقه معادل ۱۵ واحد تصمیم‌گیری می‌باشد. ابتدا با مدل CCR ورودی محور کارایی فنی برای ۱۵ واحد تصمیم‌گیری برای هر پنجره جداگانه محاسبه می‌شود؛ به عبارت دیگر در نرم‌افزار LINGO مدل فوق را ۴ بار برای هر پنجره جداگانه حل می‌کنیم. برای هر پنجره در کل مناطق ۱۵ نمره کارایی فنی و برای کل پنجره‌ها (۴ پنجره) ۶۰ نمره کارایی فنی حاصل می‌شود.

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta \\ \text{S.t. } & \\ & \sum_{j=1}^n x_j X_{ij} \leq \theta X_{i0} \quad , i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n x_j Y_{rj} \geq Y_{r0} \quad , r = 1, 2, \dots, s \\ & x_j \geq 0 \quad , j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

آزاد در علامت Y

را نشان می‌دهد. در گام بعد برای تمامی واحدهای تصمیم‌گیری بالا مدل BCC ورودی محور را اجرا می‌کنیم.

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta \\ \text{S.t. } & \\ & \sum_{j=1}^n x_j X_{ij} \leq \theta X_{i0} \quad , i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n x_j Y_{rj} \geq Y_{rj} \quad , r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^n x_j = 1 \\ & x_j \geq 0 \quad , j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

پژوهش انتخاب شده است. ($W=3$). این مدل شامل ۴ پنجره به شرح جدول ۳ است.

حال باتوجه به متدولوژی ارائه شده، پس از تعیین مقادیر ورودی و خروجی‌ها، روند کارایی مناطق راه‌آهن بر اساس داده‌های سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و نرم‌افزار LINGO مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس مطابق گام ۱ همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد معیارهایی که مقرر بود شاخص‌ها بر اساس آن‌ها انتخاب گردند توسط تیم تصمیم‌انتخاب و جهت نظرسنجی برای ده نفر از خبرگان مناطق مورد ارزیابی و ستاد شرکت راه آهن ج.ا.ا. ارسال گردید که نتایج ذیل حاصل آمد. قابل ذکر است همان گونه که در بخش قبل اشاره

از نظر نوع فعالیت هستند، مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار می‌دهیم. پنجره ۱ شامل سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۶، ۱۳۹۵ می‌باشد و در پنجره ۲ سال ۱۳۹۵ حذف می‌شود و سال ۱۳۹۸ اضافه می‌شود و به همین ترتیب در پنجره سه و چهار سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۰، ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ ارزیابی می‌شوند. از آنجایی که تحلیل پنجره‌ای یک DMU را در هر سال با هویتی متفاوت ارزیابی می‌کند، سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۵ شامل ۴ پنجره ۳ ساله می‌باشد و

مجهولات این مسئله برنامه‌ریزی خطی $x_1, x_2, \dots, x_n$ و Y می‌باشند که x همان قیمت‌های سایه در فرم ضریبی می‌باشند و به کمک آن‌ها واحدهای مجازی ساخته شده و Y میزان کارایی

میزان کارایی مدل CCR تعیین‌کننده کارایی فنی و هدف مدل BCC کارایی فنی خالص است (Stavárek & Řepková, 2014). لذا نظر به مفروضات بالا این گونه خلاصه می‌شود که: کارایی فنی (بازده ثابت به مقیاس) برابر است با کارایی فنی خالص (بازده متغیر به مقیاس) ضربدر کارایی مقیاس. حال بعد از محاسبه انواع کارایی، کارایی هر پنجره را با میانگین‌گیری محاسبه می‌کنیم. چارنز و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که $W=3$ یا $W=4$ به ارائه بهترین تعادل از نظر اطلاعات و ثبات نمرات کارایی گرایش دارد (Charnes et al., 1979). به منظور اینکه مطمئن شوید که نتایج معتبر خواهد بود، یک پنجره با عرض باریک باید استفاده شود؛ بنابراین یک پنجره ۳ ساله در این

شد، خبرگان از طیف فازی هفت‌بخشی خیلی کم تا خیلی زیاد از ۱ تا ۷ می‌باشد. در جدول ۴ امتیازات کسب شده توسط هر استفاده کرده‌اند که حاصل آن یک ترکیب طبیعی از S_i ها معیار به‌وسیله خبرگان جمع‌بندی شده است.

جدول ۳. نمایی از پنجره های زمانی اطلاعات مورد استفاده در پژوهش

پنجره ۱	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷		
پنجره ۲		۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	
پنجره ۳			۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹
پنجره ۴				۱۳۹۸	۱۳۹۹
					۱۴۰۰

جدول ۴. اهمیت معیارها

I_{jk}	میزان منطبق بودن با اهداف استراتژیک (C1)	دقت و اعتبار شاخص (C2)	میزان قابل مقایسه بودن شاخص بین مناطق (C3)	میزان اختیار مناطق در بهبود شاخص (C4)	نقش شاخص در بهبود بهره‌وری سازمان (C5)
خبره ۱	۷	۴	۶	۴	۷
خبره ۲	۷	۳	۵	۴	۵
خبره ۳	۴	۶	۵	۳	۷
خبره ۴	۴	۵	۳	۷	۶
خبره ۵	۶	۵	۷	۵	۶
خبره ۶	۶	۵	۷	۵	۶
خبره ۷	۴	۵	۵	۳	۶
خبره ۸	۵	۵	۵	۳	۶
خبره ۹	۴	۵	۳	۳	۶
خبره ۱۰	۶	۶	۷	۵	۶

در گام ۲ برای ادامه الگوریتم غربالگری فازی نیاز می‌باشد اندازه منفی اهمیت هر کدام از معیارهای به‌دست‌آمده در جدول قبل S_{q-i+1} ، در جدول ۵ محاسبه گردد.

جدول ۵. اندازه منفی اهمیت معیارها

$Neg(I_{jk})$	میزان منطبق بودن با اهداف استراتژیک (C1)	دقت و اعتبار شاخص (C2)	میزان قابل مقایسه بودن شاخص بین مناطق (C3)	میزان اختیار مناطق در بهبود شاخص (C4)	نقش شاخص در بهبود بهره‌وری سازمان (C5)
خبره ۱	۱	۴	۲	۴	۱
خبره ۲	۱	۵	۳	۴	۳
خبره ۳	۴	۲	۳	۵	۱
خبره ۴	۴	۳	۵	۱	۲
خبره ۵	۲	۲	۱	۳	۲
خبره ۶	۲	۲	۱	۳	۲
خبره ۷	۴	۳	۳	۵	۲
خبره ۸	۳	۳	۳	۵	۲
خبره ۹	۴	۳	۵	۵	۲
خبره ۱۰	۲	۲	۱	۳	۲

گام ۳ همچنین میزان افناع معیار I ام $C1$ تا $C5$ توسط گزینه I ام (۱۱ ورودی و ۱۲ خروجی) به وسیله فرد k ام (۱۰ خبره) به وسیله پرسش نامه ها مشخص و در جدول ۶ امتیازات یک شاخص به عنوان نمونه برای نیروی انسانی جمع بندی شده است. همین روند برای سایر شاخص ها در تکمیل محاسبات نهایی نیز صورت می پذیرد.

جدول ۶. امتیازات شاخص تعداد نیروی انسانی

Π_{ikj}	میزان منطبق بودن با اهداف استراتژیک (C1)	دقت و اعتبار شاخص (C2)	میزان قابل مقایسه بودن شاخص بین مناطق (C3)	میزان اختیار مناطق در بهبود شاخص (C4)	نقش شاخص در بهبود بهره وری سازمان (C5)
خبره ۱	۷	۷	۷	۴	۷
خبره ۲	۷	۷	۶	۲	۶
خبره ۳	۷	۶	۷	۳	۶
خبره ۴	۷	۷	۵	۶	۵
خبره ۵	۶	۶	۵	۳	۵
خبره ۶	۵	۷	۶	۳	۷
خبره ۷	۶	۶	۵	۱	۶
خبره ۸	۶	۵	۶	۴	۷
خبره ۹	۵	۷	۵	۴	۶
خبره ۱۰	۶	۵	۶	۱	۷

گام ۴ سپس نمره واحد هر فرد خبره در مقایسه با وزن $Neg(I_{kj})$ و Π_{ikj} به دست می آید. که نمونه ای از محاسبات اختصاصی به معیارها از طریق انتخاب بیشترین مقدار بین این گام در جدول ۷ قابل مشاهده است.

جدول ۷. نمره واحد شاخص ها براساس وزن داده شده به معیارها

$\{Neg(I_{kj}) v p_{ijk}\}$	میزان منطبق بودن با اهداف استراتژیک (C1)	دقت و اعتبار شاخص (C2)	میزان قابل مقایسه بودن شاخص بین مناطق (C3)	میزان اختیار مناطق در بهبود شاخص (C4)	نقش شاخص در بهبود بهره وری سازمان (C5)
خبره ۱	۷	۷	۷	۴	۷
خبره ۲	۷	۷	۶	۴	۶
خبره ۳	۷	۶	۷	۵	۶
خبره ۴	۷	۷	۵	۶	۵
خبره ۵	۶	۶	۵	۳	۵
خبره ۶	۵	۷	۶	۳	۷
خبره ۷	۶	۶	۵	۵	۶
خبره ۸	۶	۵	۶	۵	۷
خبره ۹	۵	۷	۵	۵	۶
خبره ۱۰	۶	۵	۶	۳	۷

حاصل کمترین مقدار به دست آمده از هر خبره به معیارها است، در ادامه فرآیند امتیاز خبرگان به هر شاخص در نظر گرفته می شود. در گام ۶ نیازمند آن هستیم که نمره واحد هر گزینه از

به منظور جلوگیری از اطاله محاسبات در گام های بعد از تشریح جزئیات محاسبات صرف نظر می کنیم. در گام ۵ که در نهایت نمره واحد شاخص اول (نیروی انسانی) از نظر خبرگان که

وضعیت یک گزینه به چه شکل خواهد بود. در نهایت در آخرین گام نمره واحد یک شاخص به دست می‌آید که در رابطه با نمونه شاخص منابع انسانی این عدد ۴ به دست آمده است. سایر امتیاز به دست آمده برای شاخص‌های ورودی‌ها و خروجی‌ها در جدول ۸ قابل مشاهده است.

منظر تمام خبرگان را به دست آوریم. برای این کار ابتدا نمرات خبرگان را به صورت نزولی مرتب می‌کنیم که بیانگر تابع Bij می‌باشد. در حقیقت بیانگر j امین بالاترین نمره راهکار گزینه i می‌باشد. در گام ۷ سپس تابع اجماع نظر $Q(k)$ را تشکیل می‌دهیم. این تابع بیان می‌دارد اگر k نفر از گزینه‌ای راضی باشند

جدول ۸. امتیازات نهایی شاخص‌های مورد مطالعه

امتیازات نهایی شاخص‌های خروجی		امتیازات نهایی شاخص‌های ورودی	
۲	تن کیلومتر خالص	۴	تعداد نیروی انسانی
۳	سرعت بازرگانی	۴	طول خطوط ریلی
۲	مدت زمان بارگیری و تخلیه	۳	مصرف سوخت
۵	تن کیلومتر - مبدأ مقصد	۴	هزینه‌های عملیاتی
۳	تن کیلومتر - مرزی	۳	لوکوموتیو معادل باری در گردش
۴	تناژ بارگیری	۳	واگن در گردش
۴	بهره‌وری لوکوموتیو گردش / سرویس	۳	لوکوموتیو معادل باری در سیر
۲	تناژ تخلیه	۳	واگن در سیر
۳	درآمد بین‌الملل	۳	تعداد ایستگاه‌های تشکیلاتی
۲	درصد تحقق برنامه حمل بار	۳	اعتبار تخصیص داده شده
۲	مجموع زمان تأخیر از مبدأ	۲	طول سکوها‌ی بارگیری و تخلیه
۴	بهره‌وری واگن باری در گردش / سرویس		

آغاز گردید. نحوه محاسبه این شاخص‌ها و سامانه‌های استخراج شده به تفصیل در بخش قبل بررسی گردیده است. در جدول ۹ داده‌های اولیه شاخص‌ها برای پنج منطقه مورد ارزیابی در سال‌های ۹۵ تا ۱۴۰۰ جمع‌آوری شده است.

در نهایت گزینه‌ها یا شاخص‌هایی که امتیاز بیشتر از چهار که نشانگر وضعیت متوسط است و یا بیشتر کسب کرده‌اند، جهت ادامه مراحل تحقیق انتخاب شده‌اند. پس از انتخاب شاخص‌های ورودی و خروجی مرحله جمع‌آوری داده‌های این شاخص‌ها

جدول ۹. داده‌های اولیه برای مناطق در سال‌های مورد ارزیابی

منطقه	سال	خروجی					ورودی	
		میلیون تن کیلومتر مبدأ مقصد	تناژ بارگیری	بهره‌وری واگن باری	بهره‌وری لوکوموتیو باری	تعداد نیروی انسانی	طول خطوط ریلی	هزینه‌های عملیاتی (هزار ریال)
هرمزگان	۹۵	۴,۶۸۵	۷,۱۳۱,۳۴۸	۳,۱۸۲	۱۳۳,۱۴۵	۸۲۳	۱۲۲۰	۱۴۳۹۴۹
جنوب شرق		۱۰	۵۵,۰۶۰	۱,۲۹۳	۲۶,۶۱۵	۷۳	۳۲۸	۲۰۳۳۸
آذربایجان		۱,۰۲۶	۹۰۳,۱۱۷	۲,۲۱۷	۱۵,۵۶۵	۳۹۸	۴۶۸	۵۲۴۵۰
خراسان		۱,۹۶۲	۱,۷۶۰,۳۸۰	۱,۹۰۰	۱۸,۲۴۰	۷۹۳	۷۳۱	۲۳۴۸۸۳
شمال شرق ۲		۱۷۲	۱۹۹,۶۷۹	۵۹۲	۱۷,۶۲۲	۱۲۱	۱۴۵	۱۴۸۴۵
هرمزگان	۹۶	۵,۱۱۸	۷۵۶۳۶۰۵	۳,۳۲۳	۱۲۴,۲۸۲	۷۹۴	۱۲۲۰	۱۶۷۴۶۰
جنوب شرق		۱۱	۶۱۴۹۵	۱,۷۸۹	۳۹,۹۶۳	۷۳	۳۲۸	۲۸۱۶۰

منطقه	سال	خروجی						ورودی	
		میلیون تن کیلومتر مبدأ مقصد	تناژ بارگیری	بهره‌وری واگن باری	بهره‌وری لوکوموتیو باری	تعداد نیروی انسانی	طول خطوط ریلی	هزینه‌های عملیاتی (هزار ریال)	
آذربایجان		۱,۰۵۲	۹۸۷۷۴۸	۸۳۱	۲۸,۳۵۱	۴۵۰	۷۲۲	۵۸۳۲۶	
	خراسان	۲,۷۸۷	۲۲۱۰۰۸۸	۵۸۴	۲۷,۶۷۵	۷۸۹	۷۳۱	۲۴۲۷۴۰	
	شمال شرق ۲	۱۵۴	۲۲۴۴۷۱	۱۸۳	۲۰,۰۳۵	۱۲۷	۱۴۵	۱۱۴۸۴	
هرمزگان		۴,۷۵۶	۷,۵۱۶,۴۵۶	۳,۵۹۹	۱۵۳,۹۷۳	۷۲۶	۱۲۲۰	۱۹۴۰۷۹	
	جنوب شرق	۱۱	۶۸,۵۳۸	۲,۸۶۸	۹۲,۰۷۳	۶۹	۳۲۸	۲۸۸۸۸	
	آذربایجان	۱,۴۱۲	۱,۳۶۴,۴۵۵	۹۷۸	۵۶,۵۳۸	۴۲۵	۸۱۹	۹۹۱۶۶	
	خراسان	۲,۴۷۳	۲,۱۶۵,۸۲۹	۸۶۱	۴۸,۰۵۵	۷۷۰	۷۳۱	۲۵۸۹۸۶	
	شمال شرق ۲	۱۹۷	۲۹۷,۰۷۵	۱۸۶	۲۷,۰۸۲	۱۳۰	۱۴۵	۱۹۸۶۸	
	هرمزگان	۴,۳۰۵	۶,۴۹۱,۵۱۷	۴,۱۷۹	۱۷۰,۶۶۷	۶۵۹	۱۲۳۱	۲۶۳۶۵۱	
آذربایجان		۷	۴۷,۹۴۸	۲,۲۴۸	۸۶,۰۵۵	۶۶	۳۲۹	۳۵۷۸۶	
	جنوب شرق	۱,۵۸۰	۱,۲۱۷,۱۳۹	۱,۳۸۷	۶۷,۰۰۲	۳۸۰	۸۱۵	۱۲۳۴۹۰	
	خراسان	۱,۰۹۰	۱,۵۲۸,۲۶۱	۱,۲۷۴	۴۵,۳۴۵	۷۴۶	۷۲۸	۲۷۵۳۰۰	
	شمال شرق ۲	۱۰۹	۲۲۹,۱۹۴	۲۴۶	۳۳,۶۶۵	۱۲۸	۱۴۵	۲۵۷۲۶	
	هرمزگان	۵,۷۴۲	۷,۰۷۹,۹۵۹	۴,۷۶۹	۱۸۸,۹۸۱	۵۹۳	۱۲۲۷	۳۴۸۳۸۰	
	جنوب شرق	۲۲	۱۵۰,۵۷۵	۴,۲۳۶	۸۶,۲۷۵	۶۵	۳۲۹	۴۸۵۳۸	
آذربایجان		۱,۵۴۷	۱,۵۲۳,۳۱۰	۱,۶۷۷	۹۹,۴۹۶	۳۵۲	۸۱۹	۱۳۲۱۷۲	
	خراسان	۱,۵۷۲	۱,۸۰۲,۰۸۴	۱,۲۱۴	۶۵,۹۹۹	۷۱۶	۷۳۵	۲۳۱۷۴۵	
	شمال شرق ۲	۱۰۱	۳۳۳,۴۸۱	۲۰۵	۲۶,۲۰۰	۱۲۶	۱۴۸	۴۵۵۱۹	
	هرمزگان	۵,۲۶۷	۶,۰۵۲,۹۵۱	۳,۸۸۵	۱۷۹,۱۸۱	۵۲۵	۱۲۲۷	۵۵۱۷۸۴	
آذربایجان		۲۶	۱۴۷,۲۸۴	۴,۱۴۸	۷۷,۸۸۷	۶۷	۳۲۹	۱۳۶۷۰۰	
	جنوب شرق	۱,۵۰۶	۱,۴۰۰,۱۳۴	۱,۳۵۵	۷۶,۳۴۷	۳۳۱	۸۱۶	۲۶۲۹۲۴	
	خراسان	۲,۹۷۵	۲,۹۱۰,۵۶۶	۱,۲۰۵	۵۹,۶۷۷	۶۸۶	۷۳۵	۳۵۲۱۹۶	
	شمال شرق ۲	۱۰۳	۴۳۸,۴۷۰	۲۰۷	۳۷,۷۲۸	۱۱۹	۱۵۰	۱۲۶۷۰۸	
	هرمزگان	۵,۲۶۷	۶,۰۵۲,۹۵۱	۳,۸۸۵	۱۷۹,۱۸۱	۵۲۵	۱۲۲۷	۵۵۱۷۸۴	

تحلیل و ارزیابی نتایج

پس از نهایی شدن شاخص‌ها و جمع‌آوری داده‌های موردنظر از روش تحلیل پوششی داده‌ها جهت اندازه‌گیری کارایی مناطق مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. روش تحلیل پنجره‌ای این امکان را می‌دهد که بین کارایی فنی خالص (مدیریت) و کارایی فنی تمایز قائل شویم. همچنین این روش کمک می‌کند که عملکرد هر واحد یا DMU را در طول زمان ردیابی کنیم. نتایج حاصل از حل مدل به صورت تحلیل پنجره‌ای با پهنای پنجره سه‌ساله به تفکیک کارایی فنی و کارایی فنی خالص در ادامه آمده است که ابتدا میانگین کارایی را در هر پنجره و در نهایت میانگین کارایی کل پنجره‌ها را به تفکیک هر منطقه محاسبه شده است.

نتایج مدل

نتایج اجرای مدل محاسبه کارایی فنی مطابق جدول ۱۰ نمایش داده می‌شود. کارایی فنی مشخص کننده میزان توانایی سازمان برای حداکثرسازی میزان تولید با توجه به منابع و عوامل تولید مشخص شده است، به بیان دیگر میزان توانایی تبدیل ورودی‌هایی مانند نیروی انسانی و زیرساخت و ناوگان ریلی به خروجی‌ها، در مقایسه با بهترین عملکرد، توسط کارایی فنی سنجیده می‌شود بدیهی است که کارایی فنی تحت تاثیر عواملی مانند اثر تصمیمات مدیران، حجم و مقیاس سازمان یا اندازه عملیات حمل و نقل در هر منطقه قرار می‌گیرد.

جدول ۱۰. کارایی فنی مناطق راه آهن هرمزگان، جنوب شرق، آذربایجان، خراسان و شمال شرق ۲

سال	۹۵	۹۶	۹۷	۹۸	۹۹	۱۴۰۰
هرمزگان	۱	۱	۱			
		۱	۱	۱		
			۱	۰,۹۳	۱	
				۱	۱	۱
جنوب شرق	۰,۶۶	۰,۶۵	۱			
		۰,۶۵	۱	۱		
			۱	۰,۹۸	۱	
				۱	۱	۰,۹۸
آذربایجان	۰,۹۱	۱	۰,۵۵			
		۰,۶۱	۰,۵۵	۰,۶۸		
			۰,۶۱	۰,۶۲	۰,۶۹	
				۰,۸	۰,۸۴	۰,۵۲
خراسان	۰,۷۴	۰,۹۱	۰,۸۱			
		۰,۹۱	۰,۸۱	۰,۵۲		
			۰,۷۲	۰,۳۹	۰,۵۳	
				۰,۳۹	۰,۵۳	۰,۸۶
شمال شرق ۲	۰,۶۸	۱	۰,۸۵			
		۰,۸۸	۰,۸۵	۱		
			۰,۸۳	۰,۹۵	۰,۸	
				۰,۹۷	۰,۸	۱

کارایی فنی خالص

برای محاسبه کارایی فنی خالص نیز از رابطه شماره ۱۶ استفاده شده است که در این قسمت به صورت تابع هدف کمینه سازی λ و محدودیت های مدل سازی ذکر شده اند. مدل فوق به همراه ۵۹ مدل دیگر پس از اجرا در نرم افزار LINGO کارایی فنی خالص ۵ منطقه در طول ۵ سال را محاسبه که خلاصه آن در

جدول ۱۱ نمایش داده می شود. کارایی فنی خالص به بهترین ترکیب خروجی با استفاده از کم هزینه ترین ترکیب ورودی ها دلالت می کند. پاسخگویی به این سوال که آیا هزینه ورودی های مورد استفاده به گونه ای است که هزینه خروجی را حداقل کند، به عهده این نوع کارایی می باشد. به این ترتیب، کارایی خالص مستلزم انتخاب مجموعه ای از عوامل ورودی است که سطح مشخصی از خروجی را در حداقل هزینه تولید کند.

جدول ۱۱. کارایی فنی خالص مناطق راه آهن هرمزگان، جنوب شرق، آذربایجان، خراسان و شمال شرق ۲

سال	۹۵	۹۶	۹۷	۹۸	۹۹	۱۴۰۰
هرمزگان	۱	۱	۱			
		۱	۱	۱		
			۱	۰,۹۹	۱	
				۱	۱	۱
جنوب شرق	۱	۰,۹۸	۱			
		۰,۹۹	۱	۱		
			۱	۱	۱	
				۱	۱	۰,۹۹
آذربایجان	۰,۹۵	۱	۰,۶۴			
		۰,۶۹	۰,۶۵	۰,۹۸		
			۰,۶۷	۰,۷۲	۰,۷۲	

				۰,۸۸	۰,۸۵	۰,۶۴
خراسان	۰,۷۷	۰,۹۷	۰,۸۸			
		۰,۹۷	۰,۸۸	۰,۵۶		
			۰,۸	۰,۴۸	۰,۵۶	
				۰,۴۸	۰,۵۸	۰,۹۴
شمال شرق ۲	۱	۱	۱			
		۱	۱	۱		
			۱	۱	۱	
				۱	۱	۱

گردید. در ادامه شاخص‌ها با استفاده از نظرات خبرگان و به‌وسیله روش غربالگری فازی کاهش‌یافته که به شرح ذیل هستند:

۱- تعداد نیروی انسانی ۲- طول خطوط ریلی ۳- هزینه‌های عملیاتی.

۱- تن کیلومتر مبدأ - مقصد
۲- تناژ بارگیری ۳- بهره‌وری واگن باری ۴- بهره‌وری لوکوموتیو باری

در این تحقیق باتوجه‌به اینکه رویکرد ارزیابی حمل بار بوده است، مناطق انتخاب شده، در مناطق مرزی واقع شده‌اند و دارای عملکرد همگن هستند. در نهایت با ارزیابی‌های صورت‌گرفته کارایی مناطق به ترتیب: هرمزگان، جنوب شرق، شمال شرق ۲، آذربایجان و خراسان رتبه‌بندی شده‌اند.

همان‌طور که در جداول ۲۰ تا ۲۴ که در ادامه خواهد آمد؛ مشاهده می‌شود مناطق راه‌آهن بر اساس دو نوع کارایی (کارایی فنی، کارایی فنی خالص) رتبه‌بندی شده‌اند. نمرات کارایی ذکرشده میانگین کارایی هر واحد ستادی در طی دوره پنج‌ساله ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ می‌باشد.

رتبه‌بندی مناطق راه‌آهن بر اساس کارایی فنی

همان‌طور که در جدول ۱۲ رتبه بندی مناطق راه آهن براساس کارایی فنی و کارایی فنی خالص مشاهده می‌شود نمرات کارایی ذکرشده میانگین کارایی فنی هر منطقه در طی دوره پنج‌ساله ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ می‌باشد. مطابق آن چه توضیح داده شد، باتوجه‌به ادبیات موضوع شاخص‌ها شناسایی و با استفاده از نظرات تیم تصمیم در اداره کل راه‌آهن خراسان، بومی‌سازی

جدول ۱۲. رتبه بندی مناطق راه آهن براساس کارایی فنی و کارایی فنی خالص

رتبه	۱	۲	۳	۴	۵
خراسان	هرمزگان	جنوب شرق	شمال شرق ۲	آذربایجان	شمال شرق ۱
۰,۶۷۷	۰,۹۹۴	۰,۹۱۰	۰,۸۸۴	۰,۶۹۸	۰,۶۷۷
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵
خراسان	شمال شرق ۲	هرمزگان	جنوب شرق	آذربایجان	شمال شرق ۱
۰,۷۳۹	۱	۰,۹۹۹	۰,۹۹۷	۰,۷۸۳	۰,۷۳۹

۵- نتیجه‌گیری

فازی و روش تحلیل پنجره‌ای مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت پیشینه داخلی و خارجی پژوهش بررسی شده است. اکنون به بررسی تغییرات کارایی موردنظر (کارایی فنی، کارایی فنی خالص) برای مناطق مورد بررسی در دوره پنج‌ساله ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ می‌پردازیم. در مطالعه پورکاظمی و همکاران (۱۳۸۲)

این پژوهش به دنبال ارزیابی عملکرد مناطق منتخب راه‌آهن که دارای اهمیت در بخش حمل بارهای بین‌الملل هستند، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای بوده است. در این مطالعه ارزیابی عملکرد، مفهوم کارایی و انواع آن، روش تحلیل پوششی داده‌ها و انواع مدل‌های آن و در نهایت روش غربالگری

با در نظر گرفتن شاخص‌های مسافری و باری مناطق هرمزگان و خراسان دارای بیشترین کارایی و رتبه‌های اول و دوم را به خود اختصاص داده‌اند (Purkazemi et al., 2007). همچنین در مطالعه موحد و حسینی (۱۳۸۹) باتوجه به اینکه شاخص‌های حمل مسافر را نیز مورد بررسی قرار داده است، مناطق هرمزگان و خراسان دارای کارایی واحد و رتبه اول و سوم را بین تمامی مناطق کسب نموده‌اند (Movahed & Hosseini, 2010). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، همانند سایر مطالعات گذشته منطقه هرمزگان دارای کارایی مطلوب می‌باشد، اما منطقه خراسان که از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین مناطق می‌باشد، باتوجه به رویکرد جدید حذف شاخص‌های مسافری و نگاه ویژه به حمل بار، با کاهش شدید کارایی مواجه شده است. همان‌طور که قبلاً نیز در بخش اهمیت موضوع اشاره شده بود شرکت راه‌آهن یک سازمان درآمد محور بوده و درآمدهای آن نیز توسط حمل بار تضمین می‌گردد، به نظر می‌رسد نتایج این تحقیق می‌تواند قابل‌اتکاتر از سایرین باشد. اداره کل راه‌آهن خراسان با توجه به طول خطوط و تعداد کارکنان و طبعاً بالابودن هزینه‌های عملیاتی با توجه به حجم بالای قطارهای مسافری، دارای عملکردی پایین‌تر از سطح انتظار است. این منطقه با کاهش حمل بارهای صادراتی و ترانزیتی در سال‌های ۹۷ و ۹۸ و همچنین بسته‌شدن مرز سرخس در سال ۹۹ با شیوع ویروس کرونا، شاهد کاهش چشمگیر کارایی بوده است. البته با توجه به رونق مجدد حمل‌ونقل بین‌الملل در دو سال اخیر مجدداً به ایفای نقش پرداخته است. با شباهت الگویی بین کارایی این منطقه و کارایی کل، اهمیت این منطقه و نقش آن در کارایی شرکت نشان داده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود مطابق نمودار ۱، در منطقه راه‌آهن هرمزگان تقریباً در تمام دوره‌ها کارایی برابر ۱ بوده است و صرفاً کارایی فنی به مقدار جزئی در سال ۹۸ کاهش داشته است. بر اساس معیار ارزیابی این موضوع نشان‌دهنده کارایی و عملکرد مطلوب این اداره کل در مقایسه با سایر مناطق است. علت این موضوع این است که این اداره کل بار محور بوده و در مقایسه با اداره کل راه‌آهن خراسان که دارای تمرکز حمل مسافر است از جهت ترافیک قطارهای مسافری و اشتغال خطوط و بلاک‌ها با قطارهای مسافری، درگیری بسیار کمتری داشته و لذا این موضوع به مطلوب‌بودن شاخص کارایی در این منطقه کمک نموده است. از طرف دیگر باتوجه به اتصال خطوط این اداره کل به بندر شهید رجائی و خلیج فارس ظرفیت مطلوبی برای توسعه حمل بار در این اداره کل فراهم شده و

مقصد مطلوب حمل‌ونقل ریلی و بارهای ترانزیتی از مبدأ کشورهای CIS است. همان‌طور که اشاره شد این اداره کل به جهت موقعیت جغرافیایی خاص خود پتانسیل بالایی در جهت کسب درآمدهای ارزی دارد به‌نحوی که در صورت قرارگیری بارهای منطقه آسیا و اروپا در مسیر ایران، امکان بهره‌برداری بیشتر از این ظرفیت مهیا است. البته باتوجه به اتصال ریل به دریا و برخی از گلوگاه‌های موجود در بخش کشتیرانی از قبیل ظرفیت‌های تخلیه و بارگیری، در صورت سرمایه‌گذاری در این بخش شاهد رشد عملکرد آن خواهیم بود. در سال‌های اخیر، تحلیل‌های اقتصادی در شرکت راه‌آهن موردتوجه قرار گرفته و اهمیت حمل بار از حیث درآمدزایی اثبات گردیده است، لذا اتصال زاهدان به شبکه ریلی به جهت موقعیت جغرافیایی در سال‌های اخیر در دستور کار دولت قرار گرفت که نتایج این تحقیق نیز اقتصادی‌بودن این پروژه را نشان می‌دهد. در منطقه جنوب شرق مطابق نمودار ۲ در سال‌های اخیر با افزایش حمل‌ونقل ریلی و صادرات و واردات به کشور پاکستان با افزایش خروجی حمل بار مقدار شاخص کارایی از سال ۹۷ به سطح مطلوب رسیده است. روند کارایی منطقه آذربایجان روبه‌کاهش است. باتوجه به اینکه ارتباط ایران با کشور ترکیه و در نتیجه ارسال کالا به اروپا از طریق مرز رازی و منطقه آذربایجان صورت می‌گیرد، افزایش تحریم‌ها طی سال‌های اخیر، سبب کم‌شدن کارایی در این منطقه گردیده است. البته همه‌گیری ویروس کرونا در سال‌های ۹۹ و ۱۴۰۰ در روند کارایی کل قابل‌مشاهده است. به‌صورت کلی می‌توان گفت این ۵ منطقه در وضعیت مطلوبی از کارایی قرار دارند. البته همان‌طور که در توضیح نمودار ۱ اشاره شد، کارایی کل بیشتر تحت‌تأثیر دو منطقه بزرگ هرمزگان و خراسان دارد. عملکرد کارایی منطقه هرمزگان سبب حفظ وضعیت مطلوب و کارایی پایین منطقه خراسان در سال‌های ۹۷ تا ۹۹ نیز سبب کاهش مقداری از کارایی کل است. البته این ۵ منطقه نمی‌توانند نماینده کارایی کل شرکت راه‌آهن باشند؛ اما از حیث عملکرد حمل‌ونقل بین‌الملل و کسب درآمدهای ارزی نماینده خوبی برای کل شرکت هستند. همان‌طور که در بخش قبل به آن اشاره شد، کارایی کل تأثیر زیادی از کارایی دو منطقه خراسان و هرمزگان دارد؛ لذا در این بخش سعی شده است پیشنهادها بیشتر متمرکز بر این دو بخش باشد.

سبب ایجاد گلوگاه و رسوب واگن می‌شود. از آن جایی که ماندگاری واگن‌ها علاوه بر کاهش جذابیت‌های حمل بار ریلی کشور نسبت به سایر مسیرهای جایگزین، موجب افزایش هزینه ماندگاری واگن‌ها خارجی در ایران می‌گردد.

-اولویت‌دهی به حمل بار در توسعه‌های آینده ریلی در کشور: برخی از پروژه‌های جدید از قبیل اتصال شیراز به شبکه، صرفاً با نگاه مسافری بوده و در نتیجه سبب افزایش درآمد‌ها برای شرکت راه‌آهن نگردیده است. در صورت توجه به مطالعات بازار قبل از احداث، می‌توان در آینده شاهد تأسیس مناطق مرزی بیشتری به جهت جذب بارهای بین‌الملل باشیم.

باتوجه به برخی از محدودیت‌های روش کلاسیک تحلیل پوششی از جمله آزاد بودن وزن ورودی‌ها و خروجی و همچنین وسیع بودن بازه اعداد این روش در شاخص‌های گوناگون، احتمال افزایش تأثیر یا کاهش یک ورودی یا خروجی بدون خواست محقق به وجود می‌آید. برای ازبین‌بردن این موضوع می‌توان از روش‌های توسعه‌یافته با مدل‌های دارای محدودیت وزنی با محاسبه کارایی مقیاس استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود، در مطالعات آینده با درنظرگرفتن کارایی مقیاس اثر سرمایه‌گذاری در افزایش طول خطوط و نیروی انسانی، بر بهبود خروجی‌ها ارزیابی گردد. علاوه‌برآن باتوجه به تعداد کم مناطق مورد ارزیابی، ضمن اینکه می‌توان در ارزیابی‌های بعدی کل مناطق راه‌آهن را مورد ارزیابی قرارداد با روش‌های رتبه‌بندی، مناطق کارا را رتبه‌بندی نموده و همچنین با محاسبه میزان بهبود در هر شاخص، شرایط رسیدن به مرز کارایی را بر هر DMU بررسی نمود که از نتایج آن می‌توان در تخصیص بودجه و سرمایه‌گذاری در هر منطقه استفاده کرد.

- احداث خط سوم تربت - کاشمر: باتوجه به محدودیت‌های اشاره شده در منطقه خراسان و اینکه همواره حمل بار در مقایسه با حمل مسافر از اولویت پایین‌تری برخوردار است. این بخش نیازمند توجه بیشتری است، چرا که مرز سرخس گلوگاه حمل بار بین‌الملل در شبکه ریلی است. یکی از پیشنهاد‌های این تحقیق جدا نمودن قطارهای باری و مسافری از طریق ایجاد خط سوم است. بارهای ترانزیتی مسیر سرخس به بندرعباس از ایستگاه تربت تا ایستگاه کاشمر همواره در مسیر قطارهای مسافری قرار گرفته و از آنجاکه در راه‌آهن اولویت سیر با قطارهای مسافری است، سبب کندی سیر و کاهش بهره‌وری واگن و لوکوموتیو می‌گردد. از سال‌های گذشته احداث خط سوم تربت تا کاشمر شروع گردید؛ ولی باتوجه به شرایط مالی شرکت این پروژه از اولویت‌های سازمان خارج گردید. در صورت فعال‌نمودن پروژه و جداکردن قطارهای باری و مسافری، می‌توان پیش‌بینی نمود علاوه بر جذاب‌شدن کریدور ریلی سرخس، شاهد رشد خروجی‌ها و در نتیجه افزایش کارایی خواهیم بود.

- انتقال صادرات ریلی از مشهد به ایستگاه شهید مطهری: منطقه خراسان رتبه اول در بارگیری کالاهای صادراتی در شبکه ریلی می‌باشد. باتوجه به اینکه بخش مهمی از این صادرات از ایستگاه مشهد بارگیری و به مرز سرخس ارسال می‌گردد، در صورتی که به ایستگاه مطهری منتقل گردد، مسیر صادرات کوتاه‌تر شده و از تلاقی با قطارهای مسافری نیز جلوگیری و در نتیجه برخی از شاخص‌های خروجی از جمله بهره‌وری واگن و لوکوموتیو نیز افزایش می‌یابد.

- توسعه ایستگاه بندرعباس: مطابق آن چه در سال‌های گذشته مشاهده گردیده است، در مواقع رشد حمل‌ونقل بین‌الملل، محدودیت‌های موجود در تخلیه کالا از واگن و انتقال به کشتی،

۶-مراجع

making. *Journal of Operational Research in its Applications*, 13(1), 97-120 .
-Amirteimoori, A., Allahviranloo, T., Zadmirzaei, M., & Hasanzadeh, F. (۲۰۲۳). On the environmental performance analysis: a combined fuzzy data envelopment analysis and artificial intelligence algorithms. *Expert Systems with Applications*, 224, 119953.
-AmouzadehOmran, M., Hadizadeh, E., & Hajimirzajan, A. (2024). Investigating the

-Abkooh, S. S., & Rahnema, M. R. (2024). Transit-Oriented Development Typology in Middle East's Metropolitan Context: Iran as a Case Study .
-Alimoradi, Z., Eshraghniajahromi, A., Naeimi, M., & SadrAbadi, M. A. (2016). Evaluating the efficiency and productivity of high-speed railways of different countries with data coverage analysis and multi-criteria decision

- Against Seismic Hazards—A Case Study. *Acta Polytechnica Hungarica*, 22(4), 263-283.
- Hadizadeh Raisi, E., Esmailnia Amiri, M., Hajimirzajan, A., & Taherian, M. (2024). Hydrological and Static Analysis of Reinforcing Water Bridges on Motahari-Kashmer Railroad Track with Precast Concrete Pipes. *Journal of Transportation Research*, 21(3), 415-430.
<https://doi.org/10.22034/tri.2023.393632.314>.
- Hosseini, S. M., & Darvish Motavali, M. H. (2015). Performance evaluation and determination of controllable and uncontrollable indicators in Iranian railway stations. *Journal of Industrial Strategic Management*, 37(12), 103-114.
- I.R.I Railways. (2023). A report on establishing productivity cycle in I.R.I Railways. Tehran, Iran: I.R.Railway.
- I.R.I Railways. (2024). I.R.I. Statistical Yearbook of Rail Transportation. Tehran, Iran, I.R.Railway.
- Izadikhah, M., Farzipoor Saen, R., Ahmadi, K., & Shamsi, M. (2021). How to use fuzzy screening system and data envelopment analysis for clustering sustainable suppliers? A case study in Iran. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(1), 199-229.
- Jitsuzumi, T., & Nakamura, A. (2010). Causes of inefficiency in Japanese railways: Application of DEA for managers and policymakers. *Socio-Economic Planning Sciences*, 44(3), 161-173.
- Koyagi, M. (2021). Iran in Motion: Mobility, Space, and the Trans-Iranian Railway. *Stanford University Press*.
- Li, Y., Li, X., & Khalid, M. A. (2018). Measuring technical efficiency of Chinese railway administrations by DEA method. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 21(4), 825-836.
- Majidi, S., Fallah Lajimi, H., & Safaei ghadikolaie, A. (2021). The Application of Data Envelopment Analysis in Evaluating the Performance of Universities and Higher Education Institutions: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Industrial Management Perspective*, 11(1), 53-80.
doi.org/10.52547/jimp.1
- Merkert, R., Smith, A. S., & Nash, C. A. (2010). Benchmarking of train operating firms—a transaction cost efficiency analysis. *Transportation Planning and Technology*, 33(1), 35-53 .
- causes and factors of railway accidents caused by the escape of a train carrying dangerous goods and its role in the Khayyam station accident. *Road*, 32(118), 75-90.
- Bai, X.-j., Zeng, J., & Chiu, Y. H. (2019). Pre-evaluating efficiency gains from potential mergers and acquisitions based on the resampling DEA approach: Evidence from China's railway sector. *Transport Policy*, 76, 46-56 .
- Blagojević, A., Vesković, S., Kasalica, S., Gojić, A., & Allamani, A. (2020). The application of the fuzzy AHP and DEA for measuring the efficiency of freight transport railway undertakings. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory Applications*, 3(2), 1-23.
- Bouraima, M. B., Qiu, Y., Yusupov, B., & Ndjegwes, C. M. (2020). A study on the development strategy of the railway transportation system in the West African Economic and Monetary Union (WAEMU) based on the SWOT/AHP technique. *Scientific African*, 8, e00388.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1979). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 3(4), 339 .
- Cullinane, K., Bergqvist, R., Cullinane, S., Zhu, S., & Wang, L. (2017). Improving the quality of Sweden's rail freight rolling stock: The use of data envelopment analysis in benchmarking and pricing. *Benchmarking, An International Journal*.
- Darodi, H., & Amini, M. B. (2019). Measuring the relative efficiency and ranking of bank branches, window approach: a case study of Zanjan Province. *Financial Economics*, 48(13), 239-260.
dor/20.1001.1.25383833.1398.13.48.9.4
- Djordjević, B., Mane, A. S., & Krmar, E. (2021). Analysis of dependency and importance of key indicators for railway sustainability monitoring: A new integrated approach with DEA and Pearson correlation. *Research in Transportation Business & Management*, 100650.
- Ghayoumi, Z. (2022). The report on establishing productivity management cycle in J.A.A. railways. Tehran, Iran: I.R.I railways.
- Hajimirzajan, A., Kazemian, M., & Fischer, S. (2025). A Fuzzy Framework for Assessing and Prioritizing Railway Infrastructure Retrofitting

- Purkazemi, M., Soltani, H., Esmaeili, M., & Hajiabdolrazagh, P. (2007). Evaluation of the efficiency of the railways of the Islamic Republic of Iran in comparison with the railways of Asian and Middle Eastern countries. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E-Eghtesadi)*, 42(1).
- Qayyumi, Z. (2018). Establishment of productivity management cycle in the railways of the Islamic Republic of Iran. Tehran, Iran: Center for Development, *Education and Technology of the the Railways of the Islamic Republic of Iran*.
- Sameni, M. K., & Preston, J. M. (2012). Value for railway capacity: assessing efficiency of operators in great Britain. *Transportation Research Record*, 2289(1), 134-144 .
- Shafi Naderi, A. A. (2022). Commercial Speed of Freight Wagon, An Important Indicator for Monitoring Productivity at the National Level. *Road*, 30(112), 82-63.
doi.org/10.22034/road.2021.314339.1989
- Sharma, M. G., Debnath, R. M., Oloruntoba, R., & Sharma, S. M. (2016). Benchmarking of rail transport service performance through DEA for Indian railways. *The International Journal of Logistics Management* .
- Stević, Ž., Miškić, S., Vojinović, D., Huskanović, E., Stanković, M., & Pamučar, D. J. A. (2022). Development of a Model for Evaluating the Efficiency of Transport Companies. *PCA-DEA-MCDM Model*. 11(3), 140 .
- Torkamani, M., Kazemi, M & .Hajimirzajan, A. (2024). Evaluating the competencies of managers with a 360-degree model and examining the relationship between organizational performance and the manager's citizenship behavior with different stakeholders. *Road*.
doi.org/10.22034/road.2024.429407.2227
- Michali, M., Emrouznejad, A., Dehnohalaji, A., & Clegg, B. (2021). (Noise-pollution efficiency analysis of European railways: A network DEA model. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98, 102980 .
- Minarta, R. R., & Ko, J. (2024). What are the stimulants on transportation carbon dioxide emissions :?A nation-level analysis. *Energy*, 296, 131179 .
- Movahed, M., & Hosseini, S. (2010). Determining And Ranking The Efficiency Of Iranian Railway (Rai) Regions, *Using Data Envelopment Analysis (DEA)* .
- Panahandeh Khojin, G., Toloei Ashlagh, A., & Afsharkazemi, M. A. (2021). Presenting a data envelopment analysis model based on Goal programming and weight Restriction in order to evaluate the efficiency and ranking of decision-making units in Ghavamin Bank. *Industrial Management Journal*, 13(1), 155-169.
doi.org/10.22059/imj.2021.312658.1007794
- The sixth development plan of I.I.Iran, (2017).
- Peykani, P., Mohammadi, E., Hosseinzadehloufi, F., Tehrani, R., & Rostamy-Maslkhalf, M. (2019). Performance Evaluation of Stocks in Different Time Periods under Uncertainty: Fuzzy Window Data Envelopment Analysis Approach. *Financial Engineering and Portfolio Management*, 40(10), 304-324.
- Popović, M. J. V. y. B. (2019). Unapređenje analize obavljanja podataka metodama multiatributivnog odlučivanja .
- Purkazemi, M., & Rezaei, J. (2003). Evaluating the efficiency of the thirteen railway regions of the Islamic Republic of Iran by data envelopment analysis (DEA) method. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 38(3).

Evaluation and Ranking of Iran's Railway Regions Using Window Data Envelopment Analysis Approach Model

Naser Zourmand Baghdar, Department of Management, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad, Iran.

Alireza Pouya, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Climatological Research Institute (CRI), Mashhad, Iran.

Morteza Pakdaman, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Climatological Research Institute (CRI), Mashhad, Iran.

Amir Hajimirzajan, Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.

E-mail: alirezapooya@um.ac.ir

Received: January 2025- Accepted: April 2025

ABSTRACT

Today, evaluating the performance of organizational units plays a unique role in allocating organizational and financial resources. Due to the increase in competitiveness and the development of the stakeholders' expectations, achieving sustainable success of the organization in the group will increase efficiency and better use of available resources. The importance of improving efficiency in the state-owned railway company of the Islamic Republic of Iran, which uses key and limiting infrastructure equipment (such as locomotives) and skilled operational personnel and other similar items, is much greater. The data envelopment analysis (DEA) window analysis approach is one of the best expressions to evaluate organizational units (railway regions of the country) with similar tasks and identical inputs and outputs. However, the geographical location, the different nature of access to cargo and passenger transportation bases, and the difference in access to the infrastructure of lines and fleets complicate evaluating and comparing the performance of regions. For this purpose, in this study, DEA window analysis method has been used to design and compile a model to measure the performance of railway company regions. The studied areas were ranked based on technical efficiency during the five years from 1395 to 1400. The results indicate the effect of different areas focusing on freight or passenger transportation and access to logistics centers and freight sources on their efficiency evaluation. In this research, using experts' opinions from 5 selected border regions and headquarters, first, the primary indicators focusing on the importance of cargo transportation were selected by the fuzzy screening method and then evaluated using the DEA window analysis method, based on which the output ranks were evaluated. Based on technical and pure technical efficiency, Hormozgan, Southeast, Northeast 2, Azerbaijan, and Khorasan, respectively.

Keywords: Organizational Performance Evaluation, Data Envelopment Analysis (DEA), Railway, Efficiency Improvement, Technical Efficiency, DEA Window Analysis