

Received on: 01/08/2023

Accepted on: 27/11/2023

Journal of
Business Strategies
Shahed University
Thirtieth Year
No.22
Autumn & Winter
2023-24

Proposal of a Model for Evaluating the Quality Performance of Passenger Train Services from the Perspective of Passengers

DOI: 10.22070/cs.2024.19370.1392

*Jamileh GhanbarZadeh*¹, *Nasser Motahari Farimani*^{2*} and *Azam Modares*³

1. *Master's degree in Industrial Management, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Administrative Sciences and Economics.
(Email: jamileh.ghanbarzadeh@gmail.com)*
2. *Associate Professor, Management Department, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Administrative Sciences and Economics.
(Corresponding Author)*
3. *Ph.D. Student in Industrial Management, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Administrative Sciences and Economics.
(Email: azam.modares@mail.um.ac.ir)*

*Email: n.motahari@um.ac.ir

Abstract

Aim and introduction: Transportation is considered one of the fundamental elements for the growth and development of any society. In this context, rail transport has allocated itself a special and effective role. The importance of rail transport in societal development is crucial, highlighting the significance of passenger satisfaction for the success of the industry. Providing services to passengers that enhance customer satisfaction and ultimately increase train usage is a critical factor in this industry. The shortcomings of the rail passenger sector are highlighted through an evaluation of its performance within a scientific framework, and appropriate solutions are proposed for the management team. To maximize the profitability of the national transportation industry, it is advisable to optimize the optimal use of trains throughout the day, considering budget constraints and capacity limitations. This approach should prioritize the efficiency of train use from the passengers' perspective. For this study, we conducted research on one of the busiest rail routes in Iran, treating each passenger train as a decision-making unit within a data envelopment analysis model. The inputs consist of the ticket prices for each train, while the outputs include the facilities and services provided to passengers. These are identified through criteria and sub-criteria, with their values determined by the importance coefficient from the perspective of passengers and their satisfaction. The significance and weighting of sub-criteria are determined through expert opinions and a hierarchical analysis process. To evaluate the efficiency of passenger trains, output-oriented measures are employed, focusing on both scale efficiency and variable scale efficiency. Ultimately, a comprehensive ranking of trains is provided based on the Anderson-Peterson method.

Case study: The case study presented in the article focuses on all rail transport companies operating on the Mashhad to Tehran route, with the statistical population comprising the passengers utilizing these services. According to the schedule of passenger trains provided by the Railways Administration of Khorasan, there are a total of 16 different types of trains on this route

Methodology: In this study, the Data Envelopment Analysis (DEA) method has been utilized as a powerful tool for evaluating and calculating the relative and overall efficiency of passenger trains. After collecting data on all trains, the values for each criterion pertaining to every passenger train were obtained. Mathematical

Journal of Business Strategies

Received on: 01/08/2023

Accepted on: 27/11/2023

*Journal of
Business Strategies
Shahed University
Thirtieth Year
No.22
Autumn & Winter
2023-24*

modeling was conducted using two assumptions: constant returns to scale and variable returns to scale, employing an output-oriented approach. Following the calculation of the efficiency of decision-making units, both effective and inefficient units were identified. Subsequently, based on the results obtained, the current situation and the desired weights of inputs and outputs were established. Finally, the ranking of efficient units was conducted using the Petersen-Anderson method.

Finding: Based on the findings from the study in the transportation industry, the analysis utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) revealed significant criteria and sub-criteria that influence passenger satisfaction. Results indicated that specific trains, including Noor, Saba (High-Speed), Saba (Regular), Zendegi, and Parastoo, demonstrated efficiency based on the constant returns to scale approach. Additionally, the variable returns to scale approach identified several efficient trains, including Noor, Pardis, Fadak, and Khalij-e Fars. Inefficient trains were also identified based on surplus inputs and deficiencies in output. The evaluation highlighted several deficiencies across various criteria, with specific trains notably lacking in areas such as environmental factors, services, and equipment. The Petersen-Anderson method was employed to rank the results, identifying Saba (Regular) and Saba (High-Speed) trains as the top-ranked options based on the two approaches.

Discussion and Conclusion: The primary objective of this study is to quantitatively assess the quality of passenger train services from the perspective of travelers on one of the busiest routes in Iran. For this purpose, the Data Envelopment Analysis (DEA) method was employed in both constant and variable returns to scale to evaluate the efficiency of trains. Additionally, for each of the inefficient trains, efficient trains were introduced as reference points. The results indicate that trains identified as efficient in the constant returns to scale model are also regarded as efficient in the variable returns to scale model. The average efficiency in the variable returns to scale model is 96.0, while in the constant returns to scale model, it is 94.0. Utilizing these results, improvement strategies for inefficient units can be developed based on established reference patterns. It is essential to note that this evaluation is relative; if there are changes in the set of units under investigation, the results will also be subject to change.

Keywords: Performance evaluation, Data envelopment analysis, Efficiency, Passenger trains.

ارائه الگویی برای ارزیابی عملکرد کیفیت خدمات قطارهای مسافری از نگاه مسافران

نویسندگان: جمیله قنبرزاده^۱، ناصر مطهری فریمانی^{۲*} و اعظم مدرس^۳

۱. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. (jamileh.ghanbarzadeh@gmail.com)

۲. دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. (azam.modares@mail.um.ac.ir)

* Email: n.motahari@um.ac.ir

DOI: 10.22070/cs.2024.19370.1392

چکیده

صنعت حمل‌ونقل یکی از ارکان اصلی رشد هر جامعه است و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌ها، امتیازاتی هستند که هر کشوری می‌تواند با توسعه این صنعت به دست آورد. صنعت حمل‌ونقل ریلی در صورتی می‌تواند از رشد و توسعه خوبی برخوردار باشد که به کیفیت خدمات خود و رضایت مسافران بیشتر توجه داشته باشد. با وجود اهمیت ارزیابی عملکرد در رشد و توسعه این سازمان‌ها مطالعات در این زمینه در داخل کشور محدود است. بنابراین، در این مطالعه رویکردی برای ارزیابی کمی خدمات کیفی قطارهای مسافری در یک مسیر پرتدد از نگاه مسافران و مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها، پیشنهاد شده است. برای این منظور ابتدا شاخص‌های ارزیابی قطارها با مطالعه ادبیات موضوع استخراج و سپس مهم‌ترین آن‌ها بر اساس نظرات خبرگان و متخصصان حوزه حمل‌ونقل ریلی شناسایی شد. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن زیرمعیارهای شناسایی و استفاده شد و سطح مطلوبیت و رضایت‌مندی هر یک از شاخص‌ها برای ۱۶ نوع قطار مسافری به دست آمد. سپس برای تعیین کارایی قطارهای مسافری بر اساس کیفیت خدمات آن‌ها، الگوهای خروجی محور در شرایط بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر مورد استفاده قرار گرفت. کارایی قطارها بر اساس این دو الگو محاسبه شد و با استفاده از روش اندرسون پیترسن رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد از نگاه مسافران قطارهای صبا (عادی)، صبا (تندرو)، نور، زندگی، پرستو، فدک، پردیس، خلیج‌فارس بیشترین کارایی را دارند و صنعت حمل‌ونقل ریلی می‌تواند به‌منظور افزایش سودآوری، از نتایج به‌دست‌آمده این مطالعه برای تعیین بهترین ترکیب استفاده از قطارها بهره‌برداری کند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی، قطارهای مسافری.

نشریه علمی
راهبردهای
بازرگانی

(دانشور رفتار)

Journal of
Business
Strategies

مقاله پژوهشی
صفحه ۴۶-۲۱

• دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰
• پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶

Journal of
Business Strategies
Shahed University
Thirtieth Year
No.22
Autumn & Winter
2023-24

نشریه علمی
دانشگاه شاهد

سال سی‌ام - دوره ۲۰
شماره ۲۲
بایز و زمستان ۱۴۰۲

مقدمه

صنعت حمل‌ونقل یکی از ارکان اصلی رشد و توسعه هر جامعه‌ای محسوب می‌شود و بالا بودن کارایی این بخش از اقتصاد از اهمیت زیادی برخوردار است (امروزی و همکاران، ۱۴۰۱). این بخش دربرگیرنده فعالیت‌هایی است که به شکلی گسترده در تمامی زمینه‌های تولید، توزیع و مصرف کالا و خدمات جریان داشته و در مجموعه فعالیت‌های اقتصادی نقش غیرقابل‌انکاری بر عهده دارد (فروتان و باهداد، ۲۰۲۳). در این میان، حمل‌ونقل ریلی به‌عنوان شریان ارتباطی مؤثر، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است (اردوگان^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به نیاز روزافزون ارتقاء سطح کیفی خدمات مسافری و افزایش تعداد مسافران ریلی لزوم توجه بیشتر بر ساماندهی و سیاست‌گذاری مؤثر این بخش به‌صورت برنامه‌ای و اجرایی بارز به نظر می‌رسد (ابرامویک و سیپاس^۲، ۲۰۲۰؛ مدرس و همکاران، ۲۰۲۳). حمل‌ونقل ریلی نقش مهمی در صنعت حمل‌ونقل هر کشوری دارد. صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی کمتر امتیازاتی است که هر کشوری می‌تواند با توسعه این صنعت از آن خود سازد؛ بنابراین، باید در جهت استفاده حداکثری از این صنعت پیش رفت (صداقت و همکاران، ۱۳۹۶؛ میکالی^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ دونگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۱).

موضوع ارائه خدمات به مسافران در صنعت حمل‌ونقل ریلی از دیرباز مورد توجه کشورهای بوده است؛ اما با توجه به چالش‌های اقتصادی پیش روی این صنعت در دنیای کنونی سعی می‌شود تا خدمات مقرون به‌صرفه‌تری ارائه شود. البته این استراتژی ممکن است جایگاه حمل‌ونقل ریلی را در صنعت حمل‌ونقل به خطر بیندازد و از جذابیت آن بکاهد (مطهری فریمانی و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، می‌توان گفت ارائه خدمات به مسافران یکی از عوامل حیاتی برای صنعت حمل‌ونقل ریلی محسوب می‌شود و کسب رضایت مسافران در نهایت منجر به افزایش استفاده از قطارها خواهد شد (اوجکانله^۵ و همکاران، ۲۰۲۱؛ یانگ^۶ و همکاران، ۲۰۲۳؛ گونر^۷ و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، تنها در صورتی حمل‌ونقل ریلی می‌تواند از رشد و توسعه خوبی برخوردار باشد که به کیفیت خدمات خود بیشتر توجه داشته باشد و بتواند نیازهای واقعی مشتریان خود را برآورده سازد. با توجه به اهمیت روزافزون حمل‌ونقل ریلی در کاهش تراکم جاده‌ها، کاهش آلودگی محیط‌زیست و ارائه خدمات ایمن و اقتصادی، کیفیت خدمات ارائه‌شده توسط قطارهای مسافری به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده در جذب و رضایت مسافران نقش بسزایی دارد (فیض و همکاران، ۱۳۹۰؛ شی^۸ و همکاران، ۲۰۲۲؛ لی^۹ و همکاران، ۲۰۲۳؛ روی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۴). با این حال، در ادبیات تحقیق و مطالعات انجام‌شده، کمبود یک الگوی جامع و استاندارد برای ارزیابی عملکرد کیفیت خدمات قطارهای مسافری از نگاه مسافران مشهود است. با وجود اهمیت بالایی ارزیابی عملکرد در این حوزه، تحقیقات موجود به‌طور عمده بر تحلیل عملکرد کلی شبکه‌های ریلی یا مقایسه عملکرد کشورهای متمرکز بوده‌اند و تحقیقات خاصی در مورد ارزیابی عملکرد قطارهای مسافری با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در سطح داخلی و به‌طور ویژه در سطح قطارها وجود ندارد. بیشتر پژوهش‌ها به ارزیابی عملکرد شرکت‌های حمل‌ونقل بزرگ و سنجش رضایت مشتریان در سطح کلان پرداخته‌اند و به بررسی دقیق‌تر و علمی عملکرد قطارهای مسافری به‌عنوان واحدهای مستقل تصمیم‌گیری توجه نکرده‌اند. همچنین، پژوهش‌های موجود به‌طور عمده بر ارزیابی عملکرد شرکت‌های حمل‌ونقل و سنجش رضایت مشتریان در سطح کلان متمرکز بوده و کمبود مطالعاتی که به ارزیابی عملکرد قطارهای مسافری در سطح جزئی‌تر و با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته باشند، مشهود است. ارزیابی عملکرد بر اساس معیارهای مرتبط با کیفیت خدمات و تجهیزات مانند راحتی، ایمنی، زمان‌بندی، رفتار کارکنان، نظافت و وضعیت تسهیلات داخل قطار، می‌تواند به بهبود مستمر خدمات و افزایش رضایت مسافران کمک کند. این شکاف در ادبیات تحقیق، ضرورت انجام پژوهش حاضر را نمایان می‌سازد. به‌این‌ترتیب، این تحقیق با هدف توسعه چنین الگویی، درصدد است تا شکاف‌های موجود در ارزیابی کیفیت خدمات قطارهای مسافری را پر کرده و راهکارهای عملی برای بهبود خدمات ارائه دهد. در این راستا به نظر می‌رسد با ارزیابی کارایی در این

1. Erdogan

2. Abramović & Šipuš

3. Michali

4. Dong

5. Ojekunle

6. Yang

7. Gu'ner

8. Shi

9. Li

10. Roy

بخش از صنعت بتوان فرایند ارائه خدمات را با تشخیص مشکلات سازمانی بهبود و رضایت مسافران را افزایش داد. بدیهی است ایجاد نظام کارا و استفاده بهینه از منابع باعث جلوگیری از هدر رفت منابع عظیمی از منابع مادی و معنوی می‌شود؛ بنابراین، مطالعه سطح کارایی در سطح قطارهای مسافری بسیار ضروری است (قاسمی و همکاران، ۲۰۲۰؛ ژانگ و هوا، ۲۰۲۳).

برای به حداکثر رساندن سودآوری صنعت حمل‌ونقل ریلی، ضروری است که ترکیب بهینه‌ای از استفاده از قطارها در طول روز با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه و ظرفیت به دست آید، به گونه‌ای که کارایی استفاده از قطارها از دیدگاه مسافران نیز مدنظر قرار گیرد. با توجه به این موارد، پژوهش حاضر به بررسی و ارزیابی کیفیت خدمات قطارهای مسافری از دیدگاه مسافران و تعیین کارایی آن‌ها می‌پردازد. پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به پرسش‌های زیر است: ۱. چگونه می‌توان کارایی قطارهای مسافری را بر اساس کیفیت خدمات ارائه‌شده به مسافران ارزیابی کرد؟ ۲. کدام شاخص‌ها و معیارها برای ارزیابی این خدمات از اهمیت بیشتری برخوردارند؟ و ۳. چگونه می‌توان با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، به تعیین و رتبه‌بندی کارایی قطارها پرداخت و از این اطلاعات برای بهبود عملکرد و افزایش رضایت مسافران بهره‌برداری کرد؟

هدف این تحقیق پاسخ به این پرسش‌ها و ارائه راهکارهایی برای بهبود عملکرد قطارهای ناکارا و افزایش بهره‌وری صنعت حمل‌ونقل ریلی است. در این پژوهش با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌های مربوط به خدمات و قیمت بلیت قطارها مورد بررسی قرار می‌گیرند و کارایی قطارهای مختلف تحلیل می‌شود. ورودی، قیمت بلیت هر یک از قطارها و خروجی‌ها، امکانات و خدمات ارائه‌شده به مسافران در نظر گرفته‌شده که در قالب معیارها و زیرمعیارهایی شناسایی شده و مقدار آن‌ها بر اساس ضریب اهمیت از دیدگاه مسافران و رضایت‌مندی آن‌ها تعیین گردیده است. میزان اهمیت و وزن زیر معیارها نیز با نظر خبرگان و از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین شده است. برای تعیین میزان کارایی قطارهای مسافری، الگوهای خروجی محور در شرایط بازدهی نسبت به مقیاس و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت بر اساس مدل اندرسون و پیترسون رتبه‌بندی جامعی از قطارها ارائه شده است. تحلیل کارایی بر اساس این مدل می‌تواند به شناسایی قطارهای کارا و ناکارا کمک کند و راهکارهایی عملی برای بهبود عملکرد قطارهای ناکارا ارائه دهد. هدف نهایی این تحقیق، بهبود تجربه مسافران و افزایش بهره‌وری صنعت حمل‌ونقل ریلی از طریق بهبود کیفیت خدمات و بهینه‌سازی استفاده از منابع است. نتایج این تحقیق می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کند تا با شناسایی مشکلات و نقاط قوت در عملکرد قطارها، اقدامات بهینه‌ای برای ارتقاء کیفیت خدمات و بهره‌وری بیشتر اتخاذ کنند و به این ترتیب، به افزایش سودآوری و کارایی صنعت حمل‌ونقل ریلی منجر شود.

پیشینه تحقیق

پژوهش‌هایی که در حوزه حمل‌ونقل، به‌ویژه حمل‌ونقل ریلی و راه‌آهن صورت گرفته و از روش تحلیلی پوششی داده‌ها برای این منظور استفاده کرده‌اند، اغلب در جهت سنجش کارایی راه‌آهن ج.ا.ایران و یا نواحی آن در مقایسه با سایر کشورها انجام شده‌اند. در بخش ارزیابی عملکرد قطارهای مسافری مطالعات محدود بوده و عمده تحقیقات در جهت ارزیابی عملکرد شرکت رجاء و سنجش رضایت مشتریان آن صورت گرفته است. عصارى و سلیمانیان‌فر (۱۳۸۲) سعی کردند از میان ۷ مدل مختلف مناسب‌ترین مدل برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های راهبر را شناسایی کنند. نتایج بررسی آنان نشان داد که مدل تحلیل پوششی داده‌ها مناسب‌ترین گزینه است. پس از انتخاب مدل تحلیل پوششی داده‌ها، تعیین عوامل ورودی و خروجی و جمع‌آوری داده‌های ۴۸ قطار مسافری، آزمون مدل صورت گرفت که نتیجه به‌دست‌آمده معرف کارا بودن ۲۲ قطار و ناکارا بودن سایر قطارهاست. پورکاظمی و همکاران (۱۳۸۶) به ارزیابی کارایی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در مقایسه با راه‌آهن‌های کشورهای آسیایی و خاورمیانه پرداخته‌اند. در این پژوهش با توجه به داده‌های آماری ۲۴ کشور منطقه خاورمیانه و آسیا، عضو اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها و سازمان همکاری راه‌آهن‌ها، برای دوره زمانی ۵ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، به

¹. Zhang & Hua

بررسی کارایی و بهره‌وری راه‌آهن کشورهای مورداشاره با تأکید بر راه‌آهن کشورمان از طریق فن تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص بهره‌وری مالم کوئیست پرداخته شده است. طحاری و همکاران (۱۳۹۱) نیز سطح عملکرد و بهره‌وری نواحی پانزده‌گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران را با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. از این رو از پنج معیار ورودی و سه معیار خروجی و تمام درآمد نواحی مختلف برای مدل‌های ناپارامتریک استفاده شد. در مرحله بعد با طراحی و به‌کارگیری مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها میزان بهره‌وری نواحی مختلف راه‌آهن کشور به دست آمد. احدی و ساقیان (۱۳۹۴) از دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها با شاخص‌های ورودی یکسان و شاخص‌های خروجی متفاوت برای ارزیابی کارایی حمل‌ونقل ریلی کشور استفاده کردند و داده‌های سال ۸۹ مبنای ارزیابی کارایی قرار گرفتند. آن‌ها پس از ارزیابی و مشخص کردن واحدهای کارا، به رتبه‌بندی نواحی چهارده‌گانه راه‌آهن ایران پرداختند. همچنین برای انطباق بیشتر نتایج با واقعیت، در مدل دوم خود، سوانح ریلی و تلفات انسانی را به‌عنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفتند و کارایی نواحی را موردبررسی قرار دادند. معصومی (۱۳۹۵) نیز کارایی خطوط راه‌آهن کشور را در فاصله سال‌های ۸۶ تا ۸۸ موردبررسی قرار دادند و برای استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، دو ورودی شامل طول خطوط ریلی و تعداد شاغلین بخش ریلی و یک خروجی شامل نفر بر کیلومتر که واحد سنجش جابه‌جایی مسافر در یک کیلومتر است، در نظر گرفتند. نتایج حاصله وجود ناکارایی نسبتاً بالایی را در بخش راه‌آهن نشان داد. خادم ثامنی و آشور (۱۳۹۹) ابتدا تعداد دانشجویان مشغول به تحصیل و دانش‌آموختگان دانشکده مهندسی راه‌آهن در هر مقطع تحصیلی را شناسایی و سپس میزان اثرگذاری هر یک از این مقاطع تحصیلی بر متغیرهای عملکردی راه‌آهن را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها موردبررسی قرار دادند و واحدهای کارا و میزان مازاد نیروی انسانی را مشخص کردند.

گیتیکا^۱ و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه خود عوامل تعیین‌کننده رضایت مشتری در کیفیت خدمات را با تأکید بر ایستگاه‌های راه‌آهن هند موردبررسی قرار داده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که از پنج عامل قابلیت دسترسی و تازگی کیفیت، تأثیرگذاری سامانه‌های اطلاعاتی، رفتار کارکنان راه‌آهن، سازگاری‌های اساسی ارائه‌شده در ایستگاه‌ها و سلامتی و امنیت، عامل‌های تازگی و رفتاری از نظر مسافران مهم‌ترین هستند. جیتسوزومی و ناکامارو^۲ (۲۰۱۰) در پژوهش خود از تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی ۵۳ شرکت راه‌آهن کشور ژاپن استفاده کردند. در این پژوهش متغیرهای ورودی شامل دارایی‌های ثابت، هزینه‌های عملیاتی و تعداد کارکنان و متغیرهای خروجی کیلومتر-مسافر حمل شده و ترانزیت بودند. شارما^۳ و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود به ارزیابی عملکرد پارامترهای کیفیت خدمات حمل‌ونقل پرداختند. پارامترهای کیفیت خدمات در این پژوهش عبارت بودند از: سطح حوادث قطار (ایمنی) و سطح شکایات عمومی (رضایت مشتری) که عملکرد ۱۶ واحد از قطارهای هند را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج این پژوهش به کنترل سیستم و افزایش عملکرد شرکت‌های مسافربری کمک کرده است. سانجیورجیو^۴ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود از سیستم پشتیبانی تصمیم برای ارزیابی کارایی صنعت حمل‌ونقل راه‌آهن اروپا استفاده کردند. آن‌ها در ابتدا از روش تحلیل سلسله مراتبی برای شناسایی شاخص‌های قابل اجرا در سیستم پشتیبانی تصمیم استفاده کردند.

سونگ^۵ و همکاران (۲۰۲۰) برای ارزیابی کارایی عملکرد حمل‌ونقل هوایی ۳۰ استان چین از مدل سه مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند و نتایج نشان داد که سطوح مختلف عوامل محیطی بر کارایی عملیاتی حمل‌ونقل استانی در چین تأثیر دارند. گادپالی و رایاپرولو^۶ (۲۰۲۰) برای برآورد عملکرد خدمات اتوبوس شهری از روش تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها برای مقایسه کارایی استفاده کردند که داده‌های آن برای یک دوره هفت‌ساله بود. یافته‌های این مطالعه به توسعه شهری و بهبود سامانه‌های اتوبوس‌رانی کمک می‌کند. شیرازی و محمدی (۲۰۲۰) به ارزیابی کارایی خطوط حمل‌ونقل هوایی ایران پرداختند. آن‌ها از مدل جدید تحلیل پوششی داده‌ها، SBM^۷، استفاده کردند. مدل پیشنهادی این تحقیق در ارزیابی ۱۴ خط حمل‌ونقل

1. Geetika
2. Jitsuzumi & Nakamura
3. Sharma
4. Sangiorgio

5. Song
6. Gadepalli & Rayaprolu
7. Slack based measure

هوایی به کار گرفته شد و خطوط کارآمد و ناکارآمد معرفی شدند. علم^۱ و همکاران (۲۰۲۰) از مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی فنی راه‌آهن پاکستان با استفاده از داده‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۶ استفاده کردند و هر سال را به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده در نظر گرفتند و به رتبه‌بندی و معرفی واحدهای مرجع برای هر واحد تصمیم‌گیرنده پرداختند. حقیقی و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی کارایی ایستگاه‌های باربری راه‌آهن با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. هدف اصلی این پژوهش، اندازه‌گیری و رتبه‌بندی کارایی ایستگاه‌های راه‌آهن است تا با توجه به ظرفیت فعلی هر ایستگاه، مدیریت بهتری برای توقف قطارها انجام شود. در این مطالعه، ۱۲ ایستگاه پرتردد راه‌آهن اصفهان مورد بررسی قرار گرفته و تأثیر ترافیک بر نتایج با استفاده از رگرسیون مقاوم ارزیابی شده است.

هنکه^۲ و همکاران (۲۰۲۱) کارایی ۱۰۳ فرودگاه در ۳۷ کشور مختلف در اروپا را با در نظر گرفتن میزان رضایت مشتریان، بررسی و مقایسه کردند و برای این کار از روش تحلیل پوششی داده‌ها بهره بردند. آن‌ها نقاط ضعف و قوت فرودگاه‌ها و همچنین فرودگاه‌های کارا را مشخص کرده و پیشنهادهایی برای مدیریت منابع به‌منظور افزایش کارایی واحدهای ناکارا ارائه کردند. ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) به‌منظور بهبود محدودیت‌های روش سنتی تحلیل پوششی داده‌ها مانند حساسیت به نویز آماری و نیاز به ارزیابی مجدد با اضافه شدن واحدهای جدید، از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده کردند. مدل ترکیبی یادگیری ماشین با تحلیل پوششی داده‌ها، با ارائه مرز مؤثر مطلق، ارزیابی بهتری نسبت به روش‌های سنتی و ادغام‌های قبلی ارائه داده و ابزار مدیریتی مؤثرتری برای بهبود کارایی فراهم کرده است. میکالی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی کارایی زیست‌محیطی راه‌آهن در ۲۲ کشور اروپایی پرداخته‌اند و به دو عامل اصلی، شامل فناوری ترمز کم‌صدا و تعداد افراد متأثر از نویز، توجه داشته‌اند. در این پژوهش، روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با توجه به خروجی‌های نامطلوب و میانی به کار گرفته شده و نتایج نشان داد که استونی، آلمان و لهستان از نظر زیست‌محیطی کارآمد هستند و به‌جز فنلاند، کشورهایی که از نظر دارای کارآمد هستند، از نظر خدمات نیز کارآمد هستند؛ وانگ^۳ و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی حمل‌ونقل زمینی ۲۵ کشور در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی غیر مطلوب به‌منظور مدیریت داده‌های غیر مطلوب پرداختند و توصیه‌هایی برای بهبود کارایی زیست‌محیطی حمل‌ونقل زمینی این کشورها ارائه دادند. چن و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی عملکرد سامانه‌های فیزیکی-سایبری با تمرکز بر تجهیزات حرکتی قطارهای پرسرعت پرداختند و برای بهبود دقت ارزیابی عملکرد، روش جدیدی مبتنی بر مدل مارکوف پنهان را توسعه دادند. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند عملکرد ارزیابی را بهبود بخشد. نیو^۴ و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها، حمل‌ونقل راه‌آهن در ۱۶ کشور از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که ۱۶ کشور مورد بررسی کارایی‌های خالص مشابهی دارند، اما دارای کارایی‌های مقیاس متفاوت قبل توجهی هم هستند که نشان‌دهنده ظرفیت نسبتاً کمی برای افزایش کارایی از طریق بهبود فناوری است. فروتان و همکاران (۲۰۲۳) به ارزیابی کارایی ایستگاه‌های مسافری راه‌آهن در ۱۹ منطقه ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها شبکه‌ای پرداخته‌اند. مدل پیشنهادی، کارایی زیر فرآیندها را نیز مورد ارزیابی قرار داده و ایستگاه‌های کارا و ناکارا را شناسایی کرده است. نتایج یافته آن‌ها نشان داد این مدل نسبت به مدل‌های سنتی قدرت تفکیک بیشتری دارد و می‌تواند راهکارهایی برای بهبود عملکرد ایستگاه‌های ناکارا ارائه دهد. جدول ۱ به مقایسه تحقیق حاضر با تحقیقات پیشین پرداخته است.

در تحقیقات پیشین، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد قطارهای مسافری مورد استفاده قرار گرفته‌اند و با تمرکز اصلی بر جنبه‌های کمی و مقایسه‌ای عملکرد خدمات در کشورها و مناطق مختلف؛ این مطالعات به بررسی کارایی عمومی قطارها پرداخته و معمولاً بر مقایسه بین کشورها یا مناطق تمرکز داشته‌اند. در این راستا، توجه محدودی به تحلیل کیفی خدمات و نظرات مسافران صورت گرفته است. یک شکاف قابل توجه در تحقیقات موجود، عدم توجه کافی به تحلیل کیفی و نظرات مسافران است. بیشتر مطالعات متمرکز بر جنبه‌های کمی، ناتوان از ارائه تصویری جامع از کیفیت

1. Alam
2. Henke

3. Wang
4. Niu

جدول ۱. مطالعات انجام‌شده در زمینه ارزیابی عملکرد قطارهای مسافری.

پژوهش	روش	هدف	نتایج
عصاری و سلیمانیان‌فر (۱۳۸۲)	تحلیل پوششی داده‌ها	شناسایی مدل مناسب برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های راه‌آهن	شناسایی ۲۲ قطار کارا و سایر قطارها به‌عنوان ناکارا
پورکاظمی و همکاران (۱۳۸۶)	تحلیل پوششی داده‌ها	مقایسه کارایی راه‌آهن ایران با کشورهای آسیایی و خاورمیانه	تحلیل کارایی و بهره‌وری راه‌آهن ایران و سایر کشورها برای دوره ۵ ساله
طحاری و همکاران (۱۳۹۱)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی عملکرد و بهره‌وری نواحی مختلف راه‌آهن ایران	تعیین بهره‌وری نواحی مختلف راه‌آهن ایران با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک
احدی و ساقیان (۱۳۹۴)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی کارایی حمل‌ونقل ریلی ایران با دو مدل مختلف	رتبه‌بندی نواحی راه‌آهن ایران و بررسی تأثیر سوانح ریلی بر کارایی
معصومی (۱۳۹۵)	تحلیل پوششی داده‌ها	بررسی کارایی خطوط راه‌آهن ایران	شناسایی ناکارایی نسبتاً بالا در بخش راه‌آهن
خادم ثامن و آشور (۱۳۹۹)	تحلیل پوششی داده‌ها	بررسی اثرگذاری مقاطع تحصیلی بر عملکرد راه‌آهن	تعیین واحدهای کارا و میزان مازاد نیروی انسانی در بخش تحصیلی راه‌آهن
گیتی‌کا و همکاران (۲۰۰۶)	تحلیل پوششی داده‌ها	بررسی عوامل تعیین‌کننده رضایت مشتری در ایستگاه‌های راه‌آهن هند	شناسایی عوامل کلیدی مانند تازگی و رفتار کارکنان به‌عنوان مهم‌ترین عوامل رضایت مشتری
جیتسوزومی و ناکامارو (۲۰۱۰)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی کارایی شرکت‌های راه‌آهن ژاپن	تعیین کارایی ۵۳ شرکت راه‌آهن ژاپن با استفاده از متغیرهای ورودی و خروجی مشخص
شارما و همکاران (۲۰۱۶)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی پارامترهای کیفیت خدمات حمل‌ونقل	بررسی سطح حوادث قطار و شکایات عمومی در ۱۶ واحد قطار در هند
سانجیورجیو و همکاران (۲۰۲۰)	تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم پشتیبانی تصمیم	ارزیابی کارایی صنعت حمل‌ونقل راه‌آهن اروپا	شناسایی شاخص‌های قابل‌اجرا برای بهبود کارایی صنعت حمل‌ونقل
حقیقی و همکاران (۲۰۲۰)	تحلیل پوششی داده‌ها	اندازه‌گیری و رتبه‌بندی کارایی ایستگاه‌های باربری راه‌آهن	رتبه‌بندی ۱۲ ایستگاه پرتدد در راه‌آهن اصفهان و ارزیابی تأثیر نوع ترافیک بر نتایج با استفاده از رگرسیون مقاوم
سونگ و همکاران (۲۰۲۰)	مدل سه مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی کارایی حمل‌ونقل هوایی در استان چین	تحلیل تأثیر عوامل محیطی بر کارایی عملیاتی حمل‌ونقل استانی
گادپالی و رایاپرولو (۲۰۲۰)	تحلیل پوششی داده‌ها	برآورد عملکرد خدمات اتوبوس شهری	کمک به توسعه شهری و بهبود سامانه‌های اتوبوس‌رانی بر اساس تحلیل کارایی
شیرازی و محمدی (۲۰۲۰)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی کارایی خطوط حمل‌ونقل هوایی ایران	شناسایی خطوط کارآمد و ناکارآمد در حمل‌ونقل هوایی ایران
علم و همکاران (۲۰۲۰)	تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی کارایی فنی راه‌آهن پاکستان	رتبه‌بندی و معرفی واحدهای مرجع بر اساس کارایی فنی راه‌آهن پاکستان
هنکه و همکاران (۲۰۲۱)	تحلیل پوششی داده‌ها	بررسی کارایی فرودگاه‌ها در اروپا	شناسایی نقاط ضعف و قوت فرودگاه‌ها و پیشنهاد‌های مدیریتی برای بهبود کارایی
میکالی و همکاران (۲۰۲۱)	تحلیل پوششی داده‌ها	بررسی کارایی زیست‌محیطی راه‌آهن در ۲۲ کشور اروپایی	شناسایی کشورهای کارآمد از نظر زیست‌محیطی، دارایی و خدمات
ژانگ و همکاران و همکاران (۲۰۲۱)	تحلیل پوششی داده‌ها و یادگیری ماشین	بهبود محدودیت‌های روش سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، مانند حساسیت به نویز آماری و نیاز به ارزیابی مجدد با اضافه شدن واحدهای جدید	ارائه مرز مؤثر مطلق و ابزار مدیریتی مؤثرتری برای بهبود کارایی فراهم کرده است.

ادامه جدول ۱. مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی عملکرد قطارهای مسافری

پژوهش	روش	هدف	نتایج
وانگ و همکاران (۲۰۲۲)	تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی غیر مطلوب	ارزیابی کارایی زیست‌محیطی حمل و نقل زمینی در ۲۵ کشور	ارائه توصیه‌هایی برای بهبود کارایی زیست‌محیطی حمل و نقل
چن و همکاران (۲۰۲۲)	مدل مارکوف	بهینه‌سازی ارزیابی عملکرد تجهیزات حرکتی قطارهای پرسرعت با استفاده از ویژگی‌های کند برای بهبود دقت ارزیابی	روش پیشنهادی عملکرد ارزیابی را بهبود می‌بخشد و تفاوت‌های سیستم را از طریق آمار ویژگی‌های کند شناسایی می‌کند.
نیو و همکاران (۲۰۲۳)	مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها	ارزیابی کارایی حمل و نقل راه‌آهن در ۱۶ کشور	شناسایی کارایی‌های خالص مشابه و کارایی‌های مقیاس متفاوت بین کشورها
فروتان و همکاران (۲۰۲۳)	تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای	ارزیابی کارایی ایستگاه‌های مسافری راه‌آهن در ۱۹ منطقه ایران	شناسایی ایستگاه‌های کارا و ارائه مقادیر پیش‌بینی شده برای بهبود عملکرد ایستگاه‌های ناکارا
پژوهش حاضر	تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با تمرکز بر نظرات مسافران	تحلیل جامع خدمات و کارایی قطارهای مسافری از دیدگاه مسافران	بررسی کیفی خدمات قطارهای مسافری و تحلیل نظرات مسافران برای بهبود خدمات

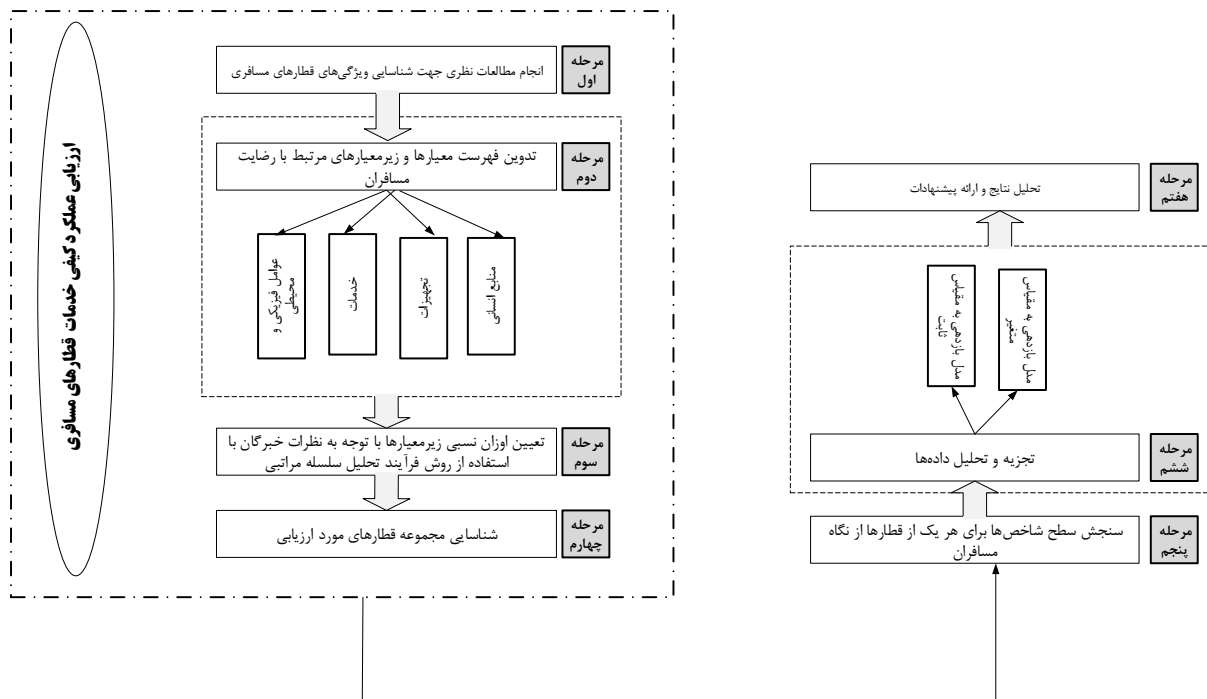
خدمات به‌طور مستقیم هستند و به تحلیل نظرات مسافران که می‌تواند بهبودهای قابل توجهی را در کیفیت خدمات پیشنهاد دهد، نمی‌پردازند. علاوه بر این، ترکیب داده‌های کمی و کیفی برای ارائه تحلیلی جامع از خدمات و نیازهای مسافران به‌ندرت در تحقیقات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است.

مقاله حاضر با هدف پر کردن این خلأ، از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای تحلیل جامع و کیفی خدمات قطارهای مسافری استفاده می‌کند. این تحقیق به‌طور خاص به تحلیل نظرات مسافران و ارزیابی کیفیت خدمات پرداخته و تلاش دارد با ترکیب داده‌های کمی و کیفی، به بهبود خدمات قطارهای مسافری بپردازد. این رویکرد نوآورانه به ارائه تصویری دقیق‌تر از کیفیت خدمات و نیازهای مسافران کمک می‌کند و می‌تواند به‌طور قابل توجهی بهبودهایی را در خدمات قطارها ارائه دهد که در پژوهش‌های دیگر کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به بررسی ویژگی‌های خدمات قطارهای مسافری با هدف ارتقاء رضایت مسافران پرداخته است. این مطالعه، بر اساس شیوه گردآوری داده‌ها در حیطه تحقیقات توصیفی پیمایشی جای می‌گیرد. در ابتدا، مرور جامعی از ادبیات علمی و پیشینه تحقیق در زمینه رضایت مسافران و ویژگی‌های خدمات قطارها انجام شد. این مرور شامل بررسی مقالات علمی، کتاب‌ها، گزارش‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌های مرتبط بود و عوامل کلیدی تأثیرگذار بر رضایت مسافران شناسایی شد. سپس، ویژگی‌های فنی و خدماتی قطارهای برتر جهانی از کشورهای اروپایی و شرق آسیا تحلیل و با وضعیت قطارهای ایرانی مقایسه شد تا نقاط قوت و ضعف خدمات قطارهای ایرانی تعیین گردد. در مرحله بعد، فهرست معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با رضایت مسافران بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تدوین و بومی‌سازی شد. این فهرست با استفاده از مصاحبه‌های خبرگان صنعت حمل و نقل ریلی و فن دلفی نهایی شد. خبرگان با حداقل پنج سال سابقه کار در مدیریت خدمات و قطارهای مسافری، نظرات خود را برای تعیین معیارهای کلیدی ارائه دادند. پس‌از آن، اوزان نسبی زیرمعیارها با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین شد. این مرحله شامل طراحی پرسشنامه مقایسات زوجی و توزیع آن به ۳۴۴ مسافر با تجربه برای جمع‌آوری داده‌ها بود. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از فنون تحلیل سلسله‌مراتبی مورد بررسی و وزن‌های نسبی زیرمعیارها تعیین شد.

در مرحله بعدی، مجموعه قطارهای مورد ارزیابی بر اساس پرتددترین خط ریلی ایران که بین مشهد و تهران است، شناسایی و انتخاب شد. ۱۶ نوع قطار مختلف فعال در این خط، شامل انواع خدمات و امکانات، مورد بررسی قرار گرفت. برای سنجش سطح شاخص‌ها و ارزیابی کیفیت خدمات، پرسشنامه‌ای با ۳۵ سؤال طراحی و بین مسافران توزیع شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و کارایی نسبی و کلی هر یک از قطارها محاسبه شد. در پژوهش حاضر، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از رویکرد ترکیبی و چندمرحله‌ای استفاده شده است. در ابتدا، به منظور شناسایی و انتخاب معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با ارزیابی رضایت مسافران از خدمات قطارهای مسافری، از مصاحبه با خبرگان صنعت حمل و نقل ریلی و مطالعه پیشینه تحقیق استفاده شد. پس از شناسایی معیارها و زیرمعیارها، برای تعیین اهمیت نسبی هر زیرمعیار از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در این مرحله، با بهره‌گیری از نظرات خبرگان و نرم‌افزارهای مرتبط، وزن‌های هر یک از زیرمعیارها محاسبه شد. این وزن‌ها نشان‌دهنده اهمیت هر زیرمعیار در فرآیند ارزیابی رضایت مسافران است. در گام نهایی، برای ارزیابی کارایی قطارها از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. مدل‌های بازدهی ثابت به مقیاس و بازدهی متغیر به مقیاس به کار گرفته شدند تا کارایی نسبی قطارهای مسافری تعیین گردد. این مدل‌ها امکان تحلیل و مقایسه واحدهای تصمیم‌گیری مختلف (قطارها) را از نظر استفاده بهینه از منابع موجود فراهم می‌کنند. در نهایت، واحدهای ناکارا شناسایی شد و برای هر یک از آن‌ها، واحدهای کارا مشابه به عنوان مرجع معرفی گردیدند. این واحدهای مرجع می‌توانند به عنوان الگوهایی برای بهبود عملکرد قطارهای ناکارا استفاده شوند. بنابراین، روش تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش شامل شناسایی معیارها و زیرمعیارها از طریق مصاحبه و مطالعه، تعیین وزن زیرمعیارها با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ارزیابی عملکرد قطارها بر اساس امتیازات مسافران و در نهایت ارزیابی کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بوده است. شکل ۱ مراحل تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مراحل تحقیق

مرحله اول؛ انجام مطالعات نظری برای شناسایی ویژگی‌های قطارهای مسافری

ابتدا، مرور جامعی بر ادبیات علمی و پیشینه تحقیق در زمینه رضایت مسافران و ویژگی‌های خدمات قطارها انجام شد. این مرور شامل بررسی مقالات علمی، کتاب‌ها، گزارش‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌های مرتبط با کیفیت خدمات و رضایت مسافران بود. با تحلیل و تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از مرور ادبیات، عوامل کلیدی که بر رضایت مسافران تأثیرگذار هستند شناسایی شدند. در این مرحله، فهرستی از امکانات و خدمات ارائه شده در قطارهای برتر جهان تهیه شد. برای این منظور، قطارهای پیشرفته از کشورهای اروپایی و شرق آسیا که به عنوان مدل‌های برتر در این صنعت شناخته می‌شوند، مورد بررسی قرار گرفتند. این بررسی شامل تحلیل ویژگی‌های فنی و خدماتی این قطارها بود تا بتوان بهترین شیوه‌ها و استانداردها را شناسایی کرد. ویژگی‌ها و امکانات شناسایی شده در قطارهای برتر جهان با وضعیت فعلی قطارهای ایرانی مقایسه شد. این مقایسه به منظور تعیین نقاط قوت و ضعف خدمات قطارهای ایرانی در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی صورت گرفت. با این روش، در مرحله اول، تصویر روشنی از ویژگی‌ها و خدمات مؤثر در رضایت مسافران به دست آمد که در مراحل بعدی تحقیق به کار گرفته شد.

مرحله دوم؛ تدوین فهرست معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با رضایت مسافران

در این مرحله، هدف اصلی تدوین و بومی‌سازی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر رضایت مسافران قطارهای ایرانی بر اساس نتایج به دست آمده از مرحله اول است. ابتدا، بررسی و مطالعه قطارهای ایرانی از طریق تحلیل پایگاه‌های اطلاعاتی شرکت‌های فعال در حوزه حمل و نقل ریلی ایران، شامل شرکت‌های دولتی و خصوصی، انجام شد. این بررسی شامل شناسایی امکانات و خدمات موجود در قطارهای ایرانی، از جمله خدمات غذایی، کیفیت صندلی‌ها، نظافت و خدمات جانبی بود. در مرحله بعد، فهرست ویژگی‌ها و خدمات شناسایی شده در مرحله اول که مربوط به قطارهای برتر جهان است، با ویژگی‌های موجود در قطارهای ایرانی مقایسه شد. با توجه به تفاوت‌های فنی، ساختاری و فرهنگی بین قطارهای اروپایی و شرق آسیا و قطارهای ایرانی، فهرست قبلی به گونه‌ای بومی‌سازی شد تا متناسب با شرایط و نیازهای خاص قطارهای ایرانی باشد. این فرآیند شامل تطبیق ویژگی‌ها با زیرساخت‌های موجود و الزامات فرهنگی و اقتصادی کشور ایران بود.

مطالعه موردی پژوهش کلیه شرکت‌های حمل و نقل ریلی مسیر مشهد به تهران و جامعه آماری تحقیق، مسافران استفاده‌کننده از این خدمات هستند. تعداد این قطارها با توجه به برنامه حرکت قطارهای مسافری اداره کل راه‌آهن خراسان ۱۶ نوع قطار می‌باشد و با توجه به اینکه طرح تحقیق از نوع مدل‌سازی ریاضی است، نمونه آماری در نظر گرفته نمی‌شود و لازم است، ارزیابی برای همه قطارهای این مسیر انجام شود.

برای اطمینان از دقت و صحت معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده، مصاحبه‌هایی با خبرگان صنعت حمل و نقل ریلی از جمله مدیران و کارشناسان صنعت حمل و نقل، نمایندگان شرکت‌های ریلی و مشاوران فنی انجام شد. همچنین از فن دلفی برای جمع‌آوری نظرات و بازخوردهای خبرگان به منظور تعیین و تصحیح معیارها و زیرمعیارها استفاده شد. این روش دربرگیرنده چندین نظرسنجی و تجزیه و تحلیل نظرات خبرگان برای رسیدن به توافق در مورد مهم‌ترین معیارها و زیرمعیارها بود.

در این پژوهش بعد از شناسایی معیارها، برای به دست آوردن اوزان معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با آن‌ها از دو نوع جامعه آماری و خبره استفاده می‌شود. دسته اول خبرگان صنعت حمل و نقل و دسته دوم مسافران شرکت‌های حمل و نقل ریلی هستند. در مرحله اول از تحقیق، برای شناسایی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر و مرتبط با رضایت مسافران ریلی از بین معیارهای مورد مطالعه که از بررسی پیشینه تحقیق به دست آمد، از نظر کارشناسان خبره شرکت حمل و نقل استفاده می‌شود؛ بنابراین با نظرسنجی از خبرگان که مدیران قطار، کارشناسان ایمن راه‌آهن و راهبران قطار بودند، مهم‌ترین معیارها بر اساس نیازهای مسافران و به کارگیری فن دلفی، تعیین گردید. تعداد خبرگان در این پژوهش ۹ نفر در نظر گرفته شده است.

در این پژوهش اعضای گروه خبره بر اساس دو معیار تجربه نظری و عملی و با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و روش گلوله برفی انتخاب شدند و در نهایت با رسیدن به اشباع نظری در پایان مرحله تحلیل نتایج مصاحبه فرآیند انتخاب متوقف گشت. معیارهای انتخاب خبرگان حداقل ۵ سال سابقه کار با قطارهای مسافری و مدیریت خدمات بوده است. جدول ۲ ویژگی‌های خبرگان منتخب را نشان می‌دهد.

خروجی این مرحله فهرستی از معیارها و زیرمعیارها بودند که در قالب ۴ معیار اصلی و ۴۲ زیرمعیار شناسایی شدند. مرحله بعد به جمع‌آوری داده‌های مربوط به زیرمعیارهای شناسایی شده از مسافران، توسط جامعه آماری دوم این پژوهش، اختصاص دارد. در این مرحله از پژوهش، جامعه آماری شامل مسافران قطارهای مسافری است که بیش از ده بار با آن قطارها سفر داشته‌اند. در این تحقیق به دلیل نامحدود بودن جامعه آماری از فرمول کوکران برای جوامع نامحدود و تعیین حجم نمونه استفاده شد که به شرح زیر است:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times S^2}{d^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

برای به دست آوردن واریانس جامعه ابتدا ۳۵ پرسشنامه به صورت تصادفی بین اعضا توزیع و واریانس کل داده‌ها محاسبه گردید که ۰/۲۳۳ به دست آمد. با ضریب اطمینان در سطح ۰/۹۵ و میزان دقت ۰/۰۵ تعداد نمونه با استفاده از فرمول کوکران، ۳۴۴ نفر تعیین گردید؛ از آنجاکه هدف این پژوهش ارزیابی رضایت مسافران است، ۳۴۴ مسافر (حجم نمونه) به طور هدفمند انتخاب شدند تا از این طریق بتوان به اطلاعات مطلوب‌تری دست یافت.

جدول ۲. ویژگی‌های خبرگان منتخب

ردیف	سابقه فعالیت‌های اجرایی در قطارهای مسافری و مدیریت خدمات	سن	جنسیت	توضیحات
۱	۲۲ سال	۵۰-۶۰	مرد	مدیر صنعت حمل و نقل
۲	۸ سال	۳۰-۴۰	مرد	کارشناس صنعت حمل و نقل
۳	۲۶ سال	۵۰-۶۰	مرد	کارشناس صنعت حمل و نقل
۴	۱۲ سال	۴۰-۵۰	مرد	کارشناس صنعت حمل و نقل
۵	۱۴ سال	۳۰-۴۰	مرد	کارشناس صنعت حمل و نقل
۶	۲۰ سال	۴۰-۵۰	مرد	کارشناس ایمنی راه‌آهن
۷	۵ سال	۳۰-۴۰	مرد	کارشناس ایمنی راه‌آهن
۸	۸ سال	۳۰-۴۰	مرد	کارشناس ایمنی راه‌آهن
۹	۵ سال	۳۰-۴۰	زن	کارشناس ایمنی راه‌آهن

پس از توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط مسافران، داده‌ها وارد محیط نرم‌افزار اکسپرت چویس شدند. برای تعیین اوزان نسبی زیرمعیارهای شناسایی شده از پرسشنامه مقایسه‌های زوجی بهره گرفته شد. بر اساس خروجی نرم‌افزار قضاوت‌های فردی هر یک از پاسخ‌گویان مورد تأیید قرار گرفت (چون نرخ‌های ناسازگاری بیش از ۰/۱ نبوده‌اند و موردپذیرش قرار گرفتند). با تلفیق نتایج هر یک از قضاوت‌های فردی ماتریس مقایسات زوجی حاصل شد و در نهایت وزن‌های نسبی زیرمعیارها به دست آمد.

مرحله سوم؛ تعیین اوزان نسبی زیرمعیارها با توجه به نظرات خبرگان

در مرحله سوم، هدف اصلی تعیین اوزان نسبی زیرمعیارهای شناسایی شده با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی است. این مرحله به منظور تعیین اهمیت نسبی هر زیرمعیار در ارزیابی رضایت مسافران طراحی شده است. نخست یک پرسشنامه مقایسه‌های زوجی برای جمع‌آوری نظرات خبرگان تهیه شد. این پرسشنامه به گونه‌ای طراحی شد که بتوان اهمیت نسبی هر زیرمعیار را نسبت به سایر زیرمعیارها اندازه‌گیری کرد. برای این منظور، نظرات خبرگان به‌عنوان پایه و اساس تحلیل قرار گرفت و پرسشنامه‌های مقایسه‌های زوجی به تعداد ۳۴۴ نفر بین مسافران توزیع گردید. مسافران انتخاب شده برای تکمیل پرسشنامه‌ها، از میان افرادی بودند که تجربه سفر با قطارهای مختلف را داشته و نظرات آن‌ها در ارزیابی معیارها و زیرمعیارها به‌دقت مورد استفاده قرار گرفت. پرسشنامه حاوی مجموعه‌ای از مقایسه‌های زوجی بود که به خبرگان این امکان را می‌داد تا اهمیت نسبی هر زیرمعیار را نسبت به دیگر زیرمعیارها ارزیابی کنند. پس از جمع‌آوری پاسخ‌ها، داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تحلیل این داده‌ها، از فنون تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد که شامل محاسبه ماتریس مقایسه‌های زوجی و تعیین وزن‌های نسبی زیرمعیارها است. این فن به بررسی نظرات مختلف و تعیین وزن‌های نهایی زیرمعیارها به‌طور علمی و منطقی پرداخته و به تعیین اولویت‌های مختلف در ارزیابی رضایت مسافران کمک می‌کند. نتایج این تحلیل نشان‌دهنده اوزان نسبی زیرمعیارهای شناسایی شده است که به‌طور دقیق بر اساس نظرات خبرگان و مسافران به‌دست آمده است. این اوزان نسبی به‌عنوان مبنای ارزیابی و تحلیل در مرحله‌های بعدی تحقیق مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

مرحله چهارم؛ شناسایی مجموعه قطارهای مورد ارزیابی

در مرحله چهارم، هدف اصلی شناسایی و انتخاب مجموعه قطارهای مورد ارزیابی است. برای دستیابی به این هدف، پرتعدادترین خط ریلی ایران که بین مشهد و تهران است، به‌عنوان محور اصلی تحقیق انتخاب شد. این خط ریلی به دلیل حجم بالای سفرها و تنوع خدمات، بهترین گزینه برای ارزیابی کیفیت خدمات و رضایت مسافران به‌شمار می‌آید. در این مرحله، انواع قطارهایی که در این خط مشغول به ارائه خدمات هستند، به‌دقت شناسایی شدند. بر اساس اطلاعات موجود و برنامه حرکت قطارها، تعداد ۱۶ نوع قطار مختلف شناسایی شد که هر یک از آن‌ها به ارائه خدمات در این مسیر می‌پردازند. این قطارها شامل انواع مختلفی از خدمات و امکانات هستند که به‌طور گسترده در این خط ریلی فعالیت می‌کنند. جدول ۳، مجموعه قطارهای مورد ارزیابی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مجموعه قطارهای مورد ارزیابی

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
نوع قطار	نور	صبا (تندرو)	صبا (عادی)	زندگی	پرستو	خلیج فارس	جوپار	سیمرغ
ردیف	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
نوع قطار	کوثر	فدک	مهتاب	سبز	پردیس	لوکس	غزال بنیاد	غزال وانیاریل

مرحله پنجم؛ سنجش سطح شاخص‌ها برای هر یک از قطارها از نگاه مسافران

در این مرحله، به منظور ارزیابی دقیق و جامع کیفیت خدمات ارائه‌شده توسط هر یک از قطارها، داده‌های مربوط به زیرمعیارها شناسایی و گردآوری شد. سپس پرسشنامه‌ای با ۳۵ سؤال و ۵ گزینه بر اساس طیف لیکرت طراحی شد. این گزینه‌ها شامل «بسیار ضعیف»، «ضعیف»، «متوسط»، «قوی» و «بسیار قوی» بودند تا سطح کیفیت خدمات هر معیار به‌طور دقیق سنجیده شود. پرسشنامه‌ها به‌طور تصادفی و هدفمند بین مسافران توزیع و برای اطمینان از کیفیت داده‌ها، از روش نمونه‌گیری

تصادفی و هدفمند استفاده گردید. برای این کار هم مسافرانی انتخاب شدند که حداقل ده بار تجربه سفر با آن نوع قطار را داشتند. این انتخاب به دلیل تأمین تجربه و دانش کافی از خدمات مختلف قطارها توسط مسافران صورت گرفت. در مجموع، ۳۴۴ پرسشنامه تکمیل شد و داده‌های مورد نیاز برای تحلیل سطح شاخص‌ها و ارزیابی کیفیت خدمات ارائه شده توسط هر یک از قطارها را فراهم ساخت.

در فرآیند تدوین پرسشنامه برای مطالعه رضایت مسافران از قطارهای مسافری، ابتدا یک پیش‌نویس اولیه از پرسشنامه طراحی شد که شامل ۳۵ سؤال پنج گزینه‌ای بر اساس طیف لیکرت بود. از طیف لیکرت به منظور سنجش میزان رضایت مسافران از خدمات و امکانات ارائه شده در قطارهای مسافری استفاده گردید و گزینه‌ها شامل بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی و بسیار قوی بودند. در مرحله بعد، امکانات و خدمات قطارهای برتر و فهرست نهایی معیارها و زیرمعیارها شناسایی شده به‌عنوان مبنای اصلی طراحی پرسشنامه قرار گرفت. برای اطمینان از صحت و دقت پرسشنامه، یک گروه از خبرگان در زمینه حمل و نقل ریلی و خدمات مشتری به کار گرفته شدند. این خبرگان پرسشنامه را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند و پیشنهادهای خود را برای بهبود سؤالات ارائه کردند. در نتیجه، پرسشنامه به صورت نهایی و پس از اصلاحات لازم، برای جمع‌آوری داده‌ها آماده شد.

برای اطمینان از روایی و پایایی پرسشنامه، مراحل زیر به کار گرفته شد:

- **روایی:** به منظور تعیین روایی پرسشنامه، از فنون مختلفی مانند بررسی نظر خبرگان و استفاده از فن دلفی بهره‌برداری شد. خبرگان در زمینه حمل و نقل و خدمات مشتری نظرات خود را درباره روایی سؤالات پرسشنامه ارائه دادند و تغییرات لازم اعمال شد.
- **پایایی:** برای ارزیابی پایایی پرسشنامه، از آزمون‌های پیشرفته مانند آزمون-بازآزمون و محاسبه ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. این آزمون‌ها میزان سازگاری و دقت سؤالات پرسشنامه را بررسی می‌کنند. نتایج این آزمون‌ها نشان دادند که پرسشنامه دارای پایایی مطلوب است و می‌تواند به‌طور قابل اعتمادی داده‌های مورد نیاز را جمع‌آوری کند.

مرحله ششم؛ تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مرحله، برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده، از روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای ارزیابی و محاسبه کارایی نسبی و کلی قطارهای مسافری استفاده شد. روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌طور خاص برای ارزیابی و مقایسه کارایی واحدها در شرایطی که چندین ورودی و خروجی وجود دارد، مناسب است و می‌تواند به شناسایی واحدهای کارا و ناکارا کمک کند. پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به تمام قطارها و تعیین مقادیر هر یک از معیارها برای هر قطار، مدل‌سازی ریاضی انجام شد. در این مدل‌سازی، دو فرض مختلف برای بازدهی نسبت به مقیاس در نظر گرفته شد:

- **بازدهی ثلثت نسبت به مقیاس:** فرض می‌کند که تغییر در مقیاس عملیات به‌طور مستقیم بر کارایی تأثیر می‌گذارد و افزایش یا کاهش مقیاس به نسبت ثابت کارایی را تغییر می‌دهد.
- **بازدهی متغیر نسبت به مقیاس:** فرض می‌کند که کارایی ممکن است به صورت غیرخطی با تغییر در مقیاس، تغییر کند و افزایش یا کاهش مقیاس می‌تواند تأثیرات متفاوتی بر کارایی داشته باشد.

با استفاده از این مدل‌سازی، کارایی هر یک از قطارها بر اساس معیارهای مشخص شده ارزیابی و در نهایت، برای رتبه‌بندی واحدهای کارا، از روش پیترسون-آندرسون بهره گرفته شد. این روش به ارزیابی و رتبه‌بندی واحدهای کارا کمک می‌کند و توانایی مدل را در شناسایی و کارایی تفکیک بین واحدهای مختلف بهبود می‌بخشد. به این ترتیب، تجزیه و تحلیل داده‌ها به شناسایی و رتبه‌بندی قطارهای مسافری بر اساس عملکرد و کیفیت خدمات آن‌ها منجر شد.

مرحله هفتم: تحلیل نتایج و ارائه پیشنهادها

در این مرحله، داده‌های جمع‌آوری شده از مسافران با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به‌طور جامع تحلیل و بر

اساس نتایج آن‌ها، پیشنهادهایی برای بهبود کیفیت خدمات قطارها ارائه شده است. این پیشنهادها شامل تغییراتی در خدمات ارائه شده، فرآیندهای عملیاتی و بهبود امکانات است که با هدف ارتقاء کیفیت خدمات طراحی شده‌اند. این مرحله به‌طور کلی به شناسایی و تحلیل نقاط قوت و ضعف خدمات قطارهای مسافری پرداخته و راهکارهایی برای ارتقاء کیفیت خدمات ارائه می‌کند.

یافته‌ها

در این پژوهش پس از شناسایی معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با رضایت مشتریان، اوزان نسبی زیرمعیارها با توجه به نظرات خبرگان (مسافران) مشخص و شاخص‌های هر یک از قطارها (از نگاه مسافران)، موردسنجش قرار گرفت. با در نظر گرفتن ورودی و خروجی‌های مدل و ارزیابی کارایی به روش پوشش تحلیلی داده‌ها نتایج زیر حاصل شده است:

معیارها و زیر معیارهای مرتبط با رضایت مسافران و اوزان مربوط به آن‌ها

پس از مصاحبه با ۹ نفر از خبرگان صنعت حمل و نقل، فهرست نهایی در قالب ۴ معیار اصلی (خدمات، تجهیزات، منابع انسانی، عوامل محیطی و فیزیکی) و در مجموع ۲۲ زیرمعیار به دست آمد. پس از شناسایی زیرمعیارها، از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن زیرمعیارهای شناسایی شده استفاده می‌شود. شاخص‌های عملیاتی متغیرها، معیارهایی هستند که برای سنجش و ارزیابی جنبه‌های مختلف رضایت مسافران از خدمات قطارها استفاده می‌شوند. برای هر متغیر، شاخص‌های عملیاتی به‌طور خاص و با توجه به ویژگی‌های خدمات و امکانات قطارها طراحی می‌شوند. در این مطالعه، شاخص‌های اصلی ارزیابی رضایت مسافران شامل چند عامل کلیدی است و به‌طور کلی به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند: خدمات، تجهیزات، منابع انسانی و عوامل فیزیکی و محیطی. هر یک از این شاخص‌ها به تفکیک به زیرمعیارهای مشخصی تقسیم شده‌اند که جنبه‌های خاص تری از رضایت مسافران را بررسی می‌کنند.

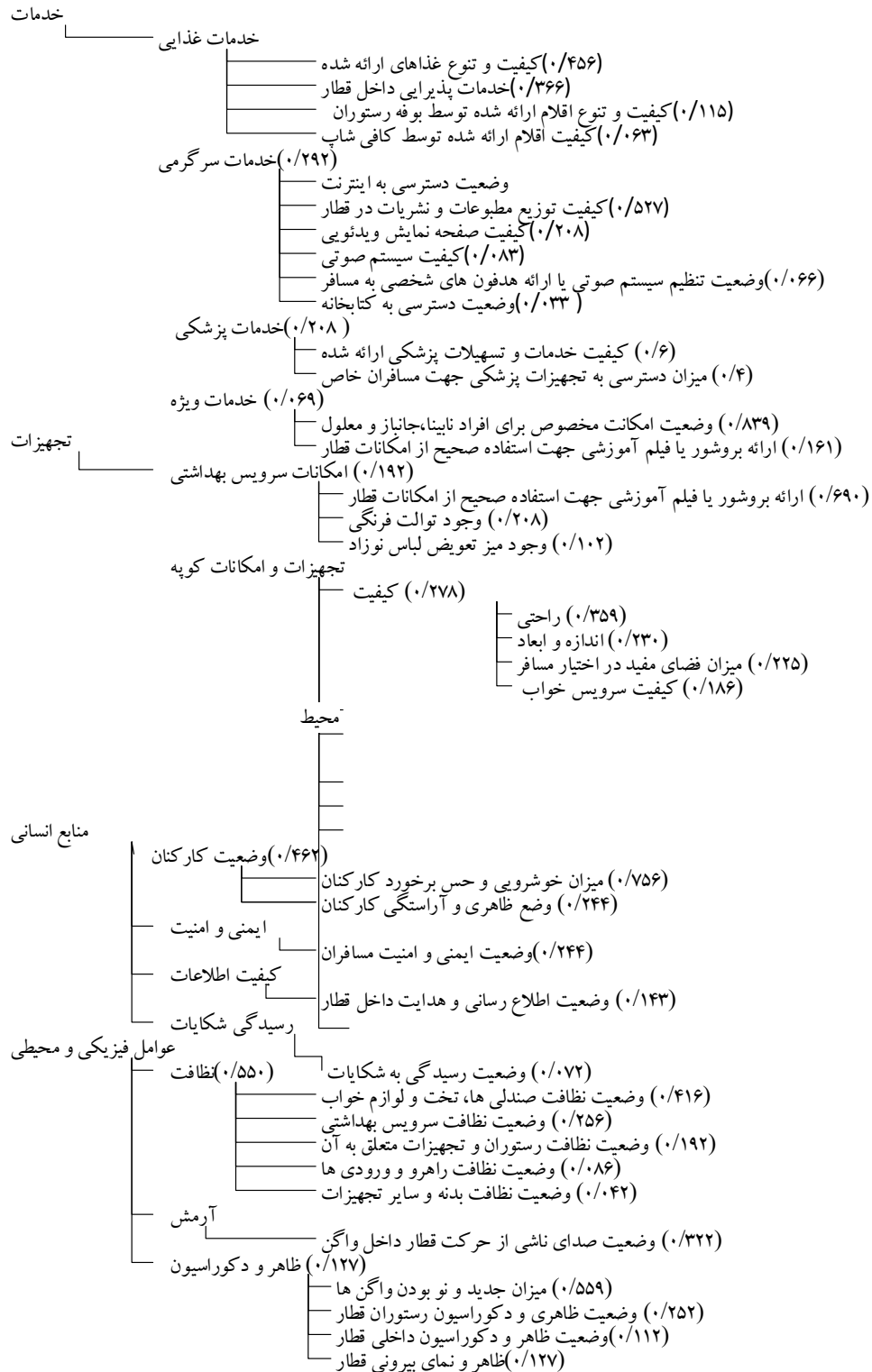
جزئیات کامل این معیارها و زیرمعیارها به‌طور دقیق در شکل ۲ نمایش داده شده که در آن هر شاخص با زیرمعیارهای مرتبط و اوزان مربوط به آن‌ها به‌طور مفصل آورده شده است. وزن‌های زیرمعیارها با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه شدند. این وزن‌ها نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر زیرمعیار در ارزیابی رضایت مسافران هستند. به‌عنوان مثال، اگر زیرمعیاری مانند «کیفیت خدمات غذایی» وزن بالایی داشته باشد، این به این معناست که مسافران به این جنبه از خدمات توجه ویژه‌ای دارند و انتظار دارند که خدمات ارائه شده در این زمینه کیفیت بالایی داشته باشد. در شکل ۲ ارقام مقابل هر زیرمعیار، وزن محاسبه شده برای آن زیر معیار را نمایش می‌دهد.

سطح شاخص‌ها برای هر یک از قطارها از نگاه مسافران

پس از جمع‌آوری نظرات مسافرین، متوسط امتیازات تخصیص داده شده توسط آن‌ها برای هر نوع قطار به تفکیک زیرمعیارها محاسبه گردید. جدول ۴ امتیاز نهایی قطارها در معیارها و زیرمعیارهای شان را نشان می‌دهد.

ارزیابی عملکرد و کارایی قطارهای مسافری با رویکردهای بازدهی به مقیاس ثابت و متغیر (خروجی محور)

در این تحقیق واحدهای مورد ارزیابی ۱۶ نوع قطار مسافری هستند که پیش‌ازاین معرفی شدند. همچنین منظور از ورودی، منابعی است که واحدهای ارزیابی برای ارائه دستاوردهای خروجی به آن نیازمندند. در مسئله حاضر، ورودی هر قطار معادل است با بهای بلیتی که دریافت می‌کند و بر اساس بهای بلیت دریافت شده ارزش‌هایی را برای مشتریان فراهم می‌سازد که این ارزش‌ها معادل خروجی‌ها هستند. با توجه به این‌که ارزش‌ها در قالب شاخص‌های مختلف بیان شدند پس این شاخص‌ها همان خروجی‌های مدل ارزیابی خواهند بود.



شکل ۲. معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با رضایت مسافران و اوزان مربوط به آنها

جدول ۴. امتیاز نهایی قطارها در معیارها و زیرمعیارهای مربوط به آنها

معیارها	سبزه	سبز	نور	پرستو	صبا(تندرو)	صبا(عادی)	فدک	توس	خلیج فارس	غزال بنیاد	مهناب	چوپار	غزال و انباریل	کوتر	پردیس
آرامش	۰/۹	۰/۷	۱/۲	۰/۵	۱/۱	۲/۱	۰/۱	۰/۷	۰/۱	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۰/۰	۰/۰	۲/۱
ظاهر و دکوراسیون	۳/۱	۲/۶	۴/۴	۳/۷	۳/۲	۲/۲	۴/۳	۲/۲	۴/۳	۵/۱	۳/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۴/۰
نظافت	۳/۵	۲/۹	۴/۳	۳/۳	۲/۸	۳/۰	۴/۴	۲/۱	۴/۳	۵/۱	۲/۴	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۳/۵
عوامل محیطی و فیزیکی	۲/۶	۲/۲	۳/۲	۲/۷	۲/۳	۲/۵	۳/۳	۱/۲	۳/۳	۲/۲	۱/۱	۳/۱	۱/۲	۲/۰	۲/۵
رسیدگی به شکایات	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۰/۳
اطلاع رسانی	۰/۵	۰/۵	۶/۰	۸/۰	۰/۵	۰/۵	۸/۰	۵/۰	۸/۰	۳/۰	۵/۰	۳/۰	۳/۰	۵/۰	۶/۰
امنیت	۳/۱	۲/۱	۳/۱	۳/۱	۱/۱	۲/۱	۵/۱	۱/۱	۶/۱	۱/۱	۱/۱	۰/۱	۱/۱	۱/۱	۳/۱
وضعیت کارکنان	۴/۱	۳/۱	۳/۳	۴/۳	۸/۳	۵/۳	۴/۳	۳/۱	۵/۳	۸/۳	۵/۳	۰/۳	۲/۳	۳/۳	۵/۳
منابع انسانی	۲/۴	۲/۳	۶/۲	۲/۵	۱/۸	۱/۸	۵/۲	۲/۲	۵/۲	۱/۸	۰/۲	۱/۱	۰/۲	۲/۰	۳/۲
سرویس بهداشتی	۲/۶	۲/۱	۱/۴	۳/۲	۳/۰	۲/۲	۱/۳	۲/۲	۶/۳	۳/۲	۲/۲	۶/۲	۳/۲	۲/۲	۳/۳
امکانات و تجهیزات	۳/۵	۳/۳	۴/۰	۲/۲	۲/۵	۱/۱	۱/۳	۳/۲	۵/۳	۵/۲	۲/۲	۵/۲	۳/۱	۲/۲	۴/۱
کوپه/سالن	۳/۳	۲/۲	۴/۰	۲/۲	۶/۲	۵/۱	۱/۳	۳/۲	۴/۳	۵/۲	۶/۲	۵/۲	۳/۲	۲/۲	۳/۲
تجهیزات	۷/۱	۲/۸	۳/۳	۸/۱	۳/۱	۵/۱	۵/۳	۵/۱	۴/۳	۱/۲	۳/۱	۸/۱	۷/۱	۸/۱	۷/۱
خدمات ویژه	۷/۱	۲/۸	۳/۳	۸/۱	۳/۱	۵/۱	۵/۳	۵/۱	۴/۳	۱/۲	۳/۱	۸/۱	۷/۱	۸/۱	
خدمات پزشکی	۳/۴	۳/۴	۳/۲	۳/۲	۵/۲	۷/۲	۴/۳	۳/۲	۴/۳	۱/۳	۶/۲	۸/۲	۶/۲	۲/۲	۴/۴
خدمات سرگرمی	۸/۱	۲/۲	۲/۸	۷/۱	۳/۱	۲/۱	۲/۳	۳/۱	۵/۳	۸/۱	۳/۱	۰/۱	۸/۱	۳/۱	۵/۱
خدمات غذایی	۳/۱	۲/۲	۳/۶	۳/۸	۲/۵	۰/۱	۵/۳	۲/۲	۴/۳	۳/۲	۲/۴	۵/۲	۲/۲	۲/۳	۳/۱
خدمات	۲/۷	۲/۹	۳/۴	۲/۷	۲/۲	۸/۱	۴/۳	۲/۴	۴/۵	۶/۲	۲	۷/۱	۲/۳	۲/۱	۰/۲
قطارها	سبزه	سبز	نور	پرستو	صبا(تندرو)	صبا(عادی)	فدک	توس	خلیج فارس	غزال بنیاد	مهناب	چوپار	غزال و انباریل	کوتر	پردیس

از دیدگاه خروجی محور، خروجی‌ها تا جایی افزایش می‌یابند که بدون تغییر در میزان ورودی‌ها، واحد به مرز کارا برسد. جدول ۵ نتایج اجرای مدل بازدهی ثابت به مقیاس و بازدهی متغیر به مقیاس را به ترتیب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در رویکرد بازدهی به مقیاس ثابت از ۱۶ قطار، ۵ قطار نور، صبا (تندرو)، صبا (عادی)، زندگی و پرستو کارایی واحد دارند. این امر بدان معناست که حدود ۳۱ درصد از قطارها با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس به‌طور کارا عمل می‌کنند. با توجه به نتایج حاصل از اجرای رویکرد بازدهی به مقیاس متغیر، قطارهای نور، پردیس، صبا (تندرو)، صبا (عادی)، فدک، زندگی، پرستو و خلیج فارس جزو قطارهای کارا ارزیابی شده‌اند و تقریباً ۵۰ درصد قطارها را هم در برمی‌گیرند.

جدول ۵. نتایج اجرای مدل بازدهی به مقیاس ثابت و متغیر.

BCC	CCR	قطار	ردیف	BCC	CCR	قطار	ردیف
۰/۹۷۵	۰/۹۵۹	جوپار	۹	۱	۱	نور	۱
۰/۹۶۳	۰/۹۵۸	سیمرغ	۱۰	۱	۰/۸۹۱	پردیس	۲
۰/۹۶۱	۰/۹۵۲	کوثر	۱۱	۱	۱	صبا (تندرو)	۳
۰/۹۴	۰/۹۳۶	مهتاب	۱۲	۱	۱	صبا (عادی)	۴
۰/۹۰۸	۰/۹۰۷	سبز	۱۳	۱	۰/۹۴۳	فدک	۵
۰/۹۰۷	۰/۸۹۰	لوکس	۱۴	۱	۱	زندگی	۶
۰/۹۰۶	۰/۸۷۱	غزال بنیاد	۱۵	۱	۱	پرستو	۷
۰/۸۶۱	۰/۸۶۱	غزال وانیاریل	۱۶	۱	۰/۹۸۷	خلیج فارس	۸

تعیین مجموعه‌های مرجع، اوزان و فراوانی آن‌ها

پس از مشخص ساختن واحدهای ناکارا، برای هر یک از آن‌ها، یک یا ترکیبی از چند واحد کارا به‌عنوان واحد مرجع معرفی می‌شود و واحد تصمیم‌گیری تحت ارزیابی (از نظر مصرف ورودی و تولید خروجی) در صورت رسیدن به آن، عملکردی کارا خواهند داشت. به واحد فرضی که روی مرز کارایی است واحد مجازی گفته می‌شود. ترکیبی از واحدهای مرجع (الگو) را نشان می‌دهد که برای ساخت واحد مجازی هر واحد به کار می‌رود. مجموعه‌های مرجع و اوزان آن‌ها در دو رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر (مقادیر ۸) در جدول ۴ نشان داده شده است. توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اجرای رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس ثابت قطارهای نور و صبا (تندرو) بالاترین فراوانی (دفعات مرجع شدن) را نشان می‌دهند و بیانگر این موضوع است که این قطارها الگوی مناسبی برای دیگر قطارها در حالت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت هستند. نتایج حاصل از اجرای مدل بازدهی نسبت به مقیاس متغیر نشان می‌دهد که بیشترین مقدار فراوانی به‌قطار نور تعلق دارد. قطارهای فدک و زندگی نیز گرچه جزو قطارهای کارا شناخته شده‌اند اما به‌عنوان واحد مرجع در نظر گرفته نشده‌اند.

جدول ۶. مجموعه‌های مرجع و اوزان و فراوانی آن‌ها در دو رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر

مجموعه‌های مرجع و اوزان (BCC)	فراوانی (BCC)	قطار	مجموعه‌های مرجع و اوزان (CCR)	فراوانی (CCR)	قطار
نور (۰/۳۹۱) - صبا (تندرو) (۰/۰۰۵) - پرستو (۰/۱۴) - خلیج فارس (۰/۴۶۴)	۰	سیمرغ	نور (۰/۸۵۹)	۰	سیمرغ
نور (۰/۶۷۲) - صبا (تندرو) (۰/۲۴) - خلیج فارس (۰/۰۸۸)	۰	سبز	نور (۰/۷۳۸) - صبا (تندرو) (۰/۲۳۴)	۰	سبز
	۷	نور		۱۰	نور
	۱	پردیس	زندگی (۰/۱۶۸) - صبا (تندرو) (۱/۳۱۱)	۰	پردیس
	۷	صبا (تندرو)		۸	صبا (تندرو)
	۲	صبا (عادی)		۰	صبا (عادی)
	۰	فدک	زندگی (۰/۹۷۱) - نور (۰/۱۵)	۰	فدک
نور (۰/۶۶۶) - صبا (تندرو) (۰/۰۰۲) - صبا (عادی) (۰/۳۳۲)	۰	لوکس	نور (۰/۵۷۱) - صبا (تندرو) (۰/۴۹۶)	۰	لوکس
		زندگی		۲	زندگی
نور (۰/۶۶۳) - پردیس (۰/۲۳۵) - صبا (عادی) (۰/۱۰۲)	۰	غزال بنیاد	نور (۰/۶۸۶) - صبا (تندرو) (۰/۴۵)	۰	غزال بنیاد
نور (۰/۲۳۴) - صبا (تندرو) (۰/۵۱۵) - خلیج فارس (۰/۲۵۱)	۰	مهتاب	نور (۰/۴۲۲) - صبا (تندرو) (۰/۴۹۹)	۰	مهتاب
صبا (تندرو) (۰/۴۵۷) - خلیج فارس (۰/۵۴۳)	۰	جوپار	نور (۰/۴۸۳) - صبا (تندرو) (۰/۲۷۵)	۰	جوپار
نور (۰/۸۰۴) - صبا (تندرو) (۰/۱۳۵) - خلیج فارس (۰/۰۶۱)	۰	غزال وانیاریل	نور (۰/۸۵) - صبا (تندرو) (۰/۱۳۱)	۰	غزال وانیاریل
نور (۰/۱۲۸) - صبا (تندرو) (۰/۳۱۴) - خلیج فارس (۰/۵۵۸)	۰	کوثر	نور (۰/۵۴۸) - صبا (تندرو) (۰/۲۷۶)	۰	کوثر
		خلیج فارس	نور (۰/۷۱۷)	۰	خلیج فارس

تعیین مازاد ورودی و کمبود خروجی

پس از مشخص شدن واحدهای ناکارا، مقادیر مازاد ورودی و کمبود خروجی مربوط به قطارهای ناکارا در دو رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از اجرای بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر در جدول ۷ و ۸ آورده شده است. نتایج به دست آمده از رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس ثابت نشان می‌دهد که ورودی (قیمت) هیچ‌گونه مازادی ندارد. در بین خروجی‌ها، بیشترین تعداد کمبود مربوط به عوامل محیطی و فیزیکی است که در این میان قطار لوکس بیشترین کمبود را دارد. کمترین مقدار کمبود هم متعلق به تجهیزات است. همچنین با توجه به نتایج حاصل از بازدهی نسبت به مقیاس متغیر، ورودی (قیمت) هیچ‌گونه مازادی ندارد. در بین خروجی‌ها، بیشترین تعداد کمبود مربوط به خدمات است که در این میان قطار غزال وانیاریل بیشترین کمبود را دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در هر دو مدل کمترین مقدار کمبود نیز متعلق به تجهیزات است.

جدول ۷. مزاد ورودی و کمبود خروجی بازده به مقیاس ثابت

قطار	کارایی	خروجی				
		ورودی	خدمات	تجهیزات	منابع انسانی	عوامل محیطی و فیزیکی
سیمرغ	۰/۹۵۸	۰	۰/۲۶۲	۰	۰/۰۲	۰/۰۵
سبز	۰/۹۰۷	۰	۰/۱۵۴	۰	۰	۰/۰۸۹
پردیس	۰/۸۹۱	۰	۰	۰/۱۱۴	۰/۰۳۸	۰
فدک	۰/۹۴۳	۰	۰	۰	۰/۱۶۹	۰/۰۳۷
لوکس	۰/۸۹	۰	۰/۲۳۸	۰	۰	۰/۳۶۹
غزال بنیاد	۰/۸۷۱	۰	۰/۲۰۹	۰	۰	۰/۳۰۷
مهتاب	۰/۹۳۶	۰	۰/۳۲۷	۰	۰	۰/۲۶۳
جوپار	۰/۹۵۹	۰	۰/۳۸۵	۰	۰	۰/۲۲۶
غزال وانیاریل	۰/۸۶۱	۰	۰/۳۴۹	۰	۰	۰/۲۳۳
کوثر	۰/۹۵۲	۰	۰/۳۹۸	۰	۰	۰/۳۱۷
خلیج فارس	۰/۹۸۷	۰	۰/۳۹۱	۰	۰/۰۳۵	۰/۱۴۶

جدول ۸. مزاد ورودی و خروجی بازده به مقیاس متغیر

قطار	کارایی	خروجی				
		ورودی	خدمات	تجهیزات	منابع انسانی	عوامل محیطی و فیزیکی
سیمرغ	۰/۹۶۳	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۲	۰
سبز	۰/۹۰۸	۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰	۰/۰۷۸
پردیس	۰/۹۰۷	۰	۰/۲۵۱	۰	۰	۰/۴۲۴
فدک	۰/۹۰۶	۰	۰/۲۴۴	۰	۰	۰/۳۳۴
لوکس	۰/۹۴	۰	۰/۲۲۶	۰	۰	۰/۲۳۳
غزال بنیاد	۰/۹۷۵	۰	۰/۱۵	۰	۰/۰۷۱	۰/۲۱۲
مهتاب	۰/۸۶۱	۰	۰/۳۲۵	۰	۰	۰/۲۲۵
جوپار	۰/۹۶۱	۰	۰/۱۷۵	۰	۰	۰/۲۴۸
غزال وانیاریل	۰/۹۶۳	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۲	۰
کوثر	۰/۹۰۸	۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰	۰/۰۷۸
خلیج فارس	۰/۹۰۷	۰	۰/۲۵۱	۰	۰	۰/۴۲۴

تعیین وضع موجود و مطلوب ورودی‌ها و خروجی‌ها

با توجه به مجموعه‌های مرجع برای رسیدن به وضعیت مطلوب، میزان تغییراتی که در مقدار ورودی‌ها و خروجی‌ها باید صورت پذیرد، مورد بررسی قرار گرفتند. اگر ورودی‌ها و خروجی‌ها به مقدار مطلوب برسند تبدیل به واحد کارا می‌شوند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ورودی در همه قطارها نیاز به هیچ‌گونه تغییری ندارد؛ اما خروجی‌ها باید به میزان معین شده در

جهت کارا شدن قطارها تغییر کنند. وضعیت مطلوب و موجود ورودی‌ها و خروجی‌ها در دو حالت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر به ترتیب در جدول ۹ و ۱۰ آورده شده است.

جدول ۹. وضع موجود و مطلوب ورودی‌ها و خروجی‌ها (بازده به مقیاس ثابت)

قطار	وضع موجود					وضع مطلوب				
	قیمت	خدمات	تجهیزات	منابع انسانی	عوامل محیطی و فیزیکی	قیمت	خدمات	تجهیزات	منابع انسانی	عوامل محیطی و فیزیکی
سیمغ	۷۸۹۰۰	۲/۷۶۷	۳/۴۲۷	۲/۱۶۲	۲/۶۳۴	۷۸۹۰۰	۳/۱۷۱	۳/۵۷۸	۲/۲۶۲	۲/۱۰۱
سبز	۷۸۹۰۰	۲/۷	۳/۲۱۹	۲/۱۵۱	۲/۵۱۷	۷۸۹۰۰	۳/۱۳۲	۳/۵۵۱	۲/۳۸۳	۲/۱۶۶
نور	۹۰۹۰۰	۳/۷۰۵	۴/۱۶۳	۲/۶۵۲	۳/۲۶۲	۹۰۹۰۰	۳/۰۸۴	۴/۱۶۳	۲/۳۵۲	۳/۲۶۲
پردیس	۸۰۴۰۰	۲/۶۶۶	۲/۶۶۶	۲/۸۶۳	۲/۵۲۷	۸۰۴۰۰	۲/۶۶۶	۳/۴۳۸	۲/۰۷۱	۳/۱۷۸
صبا(تندرو)	۴۷۳۰۰	۱۰/۷۰۱	۱۳/۰۳۱	۲/۸۸۱	۱۰/۹۵۱	۴۷۳۰۰	۱۰/۸۰۱	۲/۰۳۱	۳/۸۸۱	۱۰/۹۵۱
صبا(عادی)	۴۴۰۰۰	۱۰/۳۵۲	۱۳/۶۶۱	۲/۸۸۱	۲/۰۰۵	۴۴۰۰۰	۱۰/۳۵۲	۳/۶۶۱	۳/۸۸۱	۲/۰۰۵
فدک	۱۲۰۰۰۰	۴/۴۶۳	۶/۱۷۳	۲/۳۵۲	۳/۷۴۵	۱۲۰۰۰۰	۴/۲۷۶	۵/۱۱۵	۳/۸۱۷	۴/۱۱۵
لوکس	۷۵۹۰۰	۲/۱۳۴	۳/۱۰۲	۳/۱۷۸	۲/۶۱۲	۷۵۹۰۰	۲/۵۶۸	۳/۷۴۵	۲/۳۵۲	۲/۳۸۳
زندگی	۱۰۹۴۰۰	۳/۵۵۳	۴/۱۶۳	۲/۶۷۸	۳/۳۸۸	۱۰۹۴۰۰	۳/۵۵۳	۴/۱۶۳	۲/۶۷۸	۳/۳۸۸
غزال بنیاد	۸۴۳۰۰	۸/۶۶۸	۵/۷۸۳	۶/۸۶۳	۷/۳۳۳	۸۴۳۰۰	۶/۰۳۳	۳/۸۸۸	۲/۱۶۶	۷/۱۶۶
مهتاب	۲۲۴۰۰	۳/۹۵۳	۲/۶۵۲	۸/۸۸۱	۱۰/۹۵۱	۲۲۴۰۰	۳/۱۳۲	۲/۸۸۸	۲/۰۰۱	۳/۵۸۸
جویبار	۵۷۴۰۰	۵/۸۸۱	۲/۶۳۸	۶/۶۶۱	۱۷/۱	۵۷۴۰۰	۵/۵۹۲	۲/۵۱۸	۶/۶۶۱	۲/۱۷۸
غزال و انباریل	۸۴۳۰۰	۱۰/۶۰۸	۷/۸۶۳	۳/۱۷۲	۸/۰۴۳	۸۴۳۰۰	۱۰/۳۳۳	۷/۰۷۸	۲/۶۶۳	۶/۰۳۳
کوثر	۳۳۸۰۰	۲	۲/۰۷۸	۶/۳۷۱	۳/۱۶۱	۳۳۸۰۰	۶/۶۳۱	۳/۳۷۱	۳/۳۶۱	۲/۳۳۳
پرستو	۲۶۹۰۰	۳/۳۶۴	۳/۳۶۴	۵/۵۳۳	۶/۷۱۸	۲۶۹۰۰	۳/۳۶۴	۳/۳۶۴	۲/۵۳۳	۳/۷۱۸
خلیج فارس	۲۵۹۰۰	۲/۳۳۵	۲/۶۶۶	۲/۳۷۱	۳/۱۶۱	۲۵۹۰۰	۲/۵۶۶	۲/۶۶۶	۲/۰۰۱	۲/۳۳۳

جدول ۱۰. وضع موجود و مطلوب ورودی‌ها و خروجی‌ها (بازده به مقیاس متغیر)

قطار	وضع موجود					وضع مطلوب				
	قیمت	خدمات	تجهیزات	منابع انسانی	عوامل محیطی و فیزیکی	قیمت	خدمات	تجهیزات	منابع انسانی	عوامل محیطی و فیزیکی
سیمینغ	۷۸۹۰۰	۲/۷۶	۳/۴۸	۲/۱۶۲	۲/۳۳۴	۰۰۰۷۸	۳/۹۰	۳/۷۵	۲/۲۴۴	۲/۷۳۵
سبز	۷۸۹۰۰	۷/۸	۳/۲۳	۲/۱۵۱	۲/۱۵۱	۰۰۰۶۸	۳/۰۳	۳/۸۴	۲/۳۳	۲/۷۵۲
نور	۹۰۹۰۰	۳/۸۰	۷۶/۱۶	۲/۶۵۲	۳/۳۳۴	۰۰۰۹۰	۳/۸۰	۷۶/۱۶	۲/۶۵۲	۳/۳۳۴
پردیس	۸۰۴۰۰	۶۶۶/۲	۱۶۶/۲	۲/۸۶۳	۲/۵۳۷	۰۰۰۴۰	۲/۶۶	۲/۱۶۶	۲/۸۶۳	۲/۵۳۷
صبا(تندرو)	۴۷۳۰۰	۱۰۰/۱	۱۳۰/۱	۳/۸۸۱	۸۵۹/۱	۰۰۰۳۸	۱۰۰/۱	۱۳۰/۱	۳/۸۸۱	۸۵۹/۱
صبا(عادی)	۴۴۰۰۰	۱۵۳/۱	۶۳۳/۱	۳/۸۸۱	۵۰۰/۲	۰۰۰۳۴	۲۵۳/۱	۳/۸۸۱	۳/۸۸۱	۲/۰۰۵
فدک	۲۰۰۰۰	۱۸۶۶/۴	۸۷۱۷/۶	۲/۳۳۷	۷۳۳۷/۳	۰۰۰۲۰	۲۸۶۶/۴	۸۷۱۷/۶	۲/۳۳۷	۳/۳۳۷
لوکس	۰۰۰۹۵	۶۱۴/۳	۲۱۰/۳	۳/۱۷	۲۶۱/۲	۰۰۰۹۵	۶۱۴/۳	۲۱۰/۳	۳/۱۷	۲/۳۷
زندگی	۰۰۰۶۰	۶۵۵/۳	۱۶۶/۳	۲/۱۶۷	۳۳۸/۳	۰۰۰۶۰	۶۵۵/۳	۱۶۶/۳	۲/۱۶۷	۳/۳۸۸
غزال بنیاد	۰۰۰۳۳	۸۶۶/۲	۵۷۲/۳	۶/۸۱	۷۳۳/۲	۰۰۰۳۳	۱۱۱/۳	۵۶۶/۲	۲/۱۵۰	۳/۰۳۸
مهتاب	۰۰۰۴۱	۳۵۹/۱	۶۶۵/۸	۸/۸۷	۸۵۹/۱	۰۰۰۴۱	۳۰۳/۲	۱۶۸/۲	۶۶۵/۱	۳/۳۸۸
جوپار	۰۰۰۵۷	۵۹۸/۱	۵۶۳/۳	۶۶۶/۱	۱۷/۱	۰۰۰۵۷	۱۹۹/۱	۶۵۵/۲	۱۱۷/۱	۲/۰۳۸
غزال وانباریل	۰۰۰۴۳	۱۰۶/۱	۷۸۸/۳	۳/۱۷	۸۰۴/۲	۰۰۰۴۳	۵۳۳/۳	۵۰۷/۳	۳/۲۶	۳/۰۳۸
کوثر	۰۰۰۳۸	۲	۸۰۸/۸	۶۳۷/۱	۳۱۵/۱	۰۰۰۳۸	۶۵۹/۲	۸۱۷/۸	۵۶۵/۱	۳/۲۸
پرستو	۷۶۹۰۰	۳۳۶/۳	۳۳۶/۳	۸۵۳/۲	۶۷۱/۳	۰۰۰۶۷	۳۳۶/۳	۳۳۶/۳	۲/۳۶	۳/۷۳۸
خلیج فارس	۶۵۹۰۰	۷۳۳/۲	۷۳۶/۲	۶۳۷/۱	۳۱۵/۲	۰۰۰۶۵	۶۳۳/۲	۷۳۶/۲	۲/۶۳	۲/۳۱۵

رتبه‌بندی قطارها با کارایی واحد

همان‌طور که مشاهده شد، با توجه به نتایج حاصله از روش بازدهی نسبت به مقیاس ثابت، ۱۱ واحد ناکارا و ۵ واحد کارا و بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از روش بازدهی نسبت به مقیاس متغیر، ۷ واحد ناکارا و ۹ واحد کارا به‌دست‌آمده است. واحدهای ناکارا با کسب امتیاز کارایی، قابل رتبه‌بندی هستند، اما واحدهای کارا به دلیل اینکه دارای امتیاز کارایی برابر (کارایی واحد) هستند، قابل رتبه‌بندی نیستند. با توجه به اینکه در این پژوهش در هر دو روش چند واحد به‌صورت هم‌زمان کارا شدند، بنابراین، باید با مدل‌های ابر کارا بررسی کرد آیا می‌توان تفکیک‌پذیری مدل را بالاتر برد و قطارهای کارا در مرحله اول ارزیابی را از هم جدا کرد. به همین دلیل برای بهبود رتبه‌بندی کارایی و افزایش دقت روش تحلیل پوششی داده‌ها از مدل اندرسون و پیترسون استفاده شده است. در این روش با حذف محدودیت‌های واحدهای کارا در رابطه اولیه تحلیل پوششی داده‌ها، مقادیر کارایی بزرگ‌تر از یک برای واحدهای کارا محاسبه می‌شود؛ بنابراین، برای قطارهایی که ضریب کارایی ۱ را به خود اختصاص داده‌اند مدل اندرسون-پیترسون پیاده‌سازی گردید که نتایج حاصله در جدول ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. با استفاده از روش‌های رتبه‌بندی بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و متغیر مشاهده شد که به ترتیب بالاترین رتبه‌بندی مربوط به قطارهای صبا (عادی) و صبا (تندرو) است.

جدول ۱۱. کارایی قطارها با فرض بازدهی به مقیاس ثابت خروجی محور (مدل اندرسون-پیترسون)

قطار	صبا (عادی)	صبا (تندرو)	نور	زندگی	پرستو
کارایی	۱/۱۰۱	۱/۰۶۲	۱/۰۴۶	۱/۰۳۴	۱/۰۰۶
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵

جدول ۱۲. کارایی قطارها با فرض بازدهی به مقیاس متغیر خروجی محور (مدل اندرسون-پیترسون)

قطار	صبا (تندرو)	زندگی	نور	فدک	پرستو
کارایی	۱/۱۲۳	۱/۰۵۵	۱/۰۴۷	۱/۰۴۳	۱/۰۱۷
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵

نتایج نشان داد که در مدل بازدهی ثابت، ۵ قطار و در مدل بازدهی متغیر، ۸ قطار به‌عنوان واحدهای کارا شناسایی شدند. این موضوع نشان می‌دهد تقریباً ۵۰ درصد از قطارها با توجه به مدل بازدهی متغیر به مقیاس، عملکردی کارا دارند. درنهایت، مجموعه‌های مرجع برای واحدهای ناکارا تعیین شد. این مجموعه‌ها شامل واحدهای کارایی بودند که می‌توانند به‌عنوان الگو برای بهبود عملکرد واحدهای ناکارا مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس یافته‌ها، قطارهای نور و صبا (تندرو) بالاترین فراوانی را در نقش الگو داشتند و می‌توانند به‌عنوان نمونه‌هایی مناسب برای بهبود عملکرد سایر قطارها مورد استفاده قرار گیرند. این پژوهش با بررسی دقیق معیارها و زیرمعیارهای رضایت مسافران و تحلیل عملکرد قطارها با استفاده از روش‌های علمی، می‌تواند به بهبود کیفیت خدمات ارائه‌شده و افزایش رضایت مشتریان کمک کند. نتایج این پژوهش نشان داد برخی از قطارها، مانند «نور» و «صبا تندرو»، به‌عنوان الگوهای برتر در صنعت حمل‌ونقل ریلی شناخته می‌شوند. این قطارها می‌توانند به‌عنوان مرجع برای بهبود عملکرد سایر قطارها مورد استفاده قرار گیرند. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که بهبود خدمات و تجهیزات، به‌ویژه در زمینه مانند کیفیت خدمات غذایی و امکانات، می‌تواند تأثیر بسزایی در افزایش رضایت مسافران و کارایی کلی قطارها داشته باشد.

با توجه به نتایج این مطالعه، پیشنهاد می‌شود مدیران و تصمیم‌گیران صنعت حمل‌ونقل ریلی توجه ویژه‌ای به ارتقاء خدمات و تجهیزات در قطارهایی که عملکرد ضعیف‌تری دارند داشته باشند تا بتوانند به سطوح کارایی بالاتری دست یابند.

بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای تحقیق

حمل‌ونقل ریلی یکی از ارکان بخش صنعت حمل‌ونقل است که می‌تواند در رشد و توسعه کشور نقش بسزایی داشته باشد؛ بنابراین، ارزیابی عملکرد آن‌ها بیش از هر چیز حائز اهمیت است. محور اصلی این مطالعه، ارزیابی کمی خدمات کیفی قطارهای مسافری از نگاه مسافران در یکی از مسیرهای پرتردد ایران است. برای این منظور روش تحلیل پوششی داده‌ها در قالب بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس کارایی قطارها مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین برای هر یک از قطارهای ناکارا، قطارهای کارا به‌عنوان مرجع معرفی شد. با توجه به نتایج حاصله از روش بازدهی نسبت به مقیاس ثابت، ۵ قطار دارای کارایی واحد شناخته شدند که در بین این قطارها صبا (عادی) بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده است. طبق نتایجی که از بازدهی نسبت به مقیاس متغیر حاصل شد، ۸ قطار به‌عنوان قطارهای کارا در رویکرد بازدهی نسبت به مقیاس متغیر ارزیابی شدند که قطار صبا (تندرو) دارای نمره کارایی بالاتری نسبت به سایر قطارها است و کاراترین قطار محسوب می‌گردد. همچنین نتایج حاکی از آن است که قطارهایی که در مدل بازدهی نسبت به مقیاس ثابت به‌عنوان کارا شناخته شده‌اند در مدل بازدهی نسبت به مقیاس متغیر نیز کارا محسوب می‌شوند. میانگین کارایی در حالت بازدهی نسبت به مقیاس متغیر خروجی ۰/۹۶ و در حالت بازدهی نسبت به مقیاس ثابت خروجی ۰/۹۴ می‌باشد که گویای آنچه گفته شده است. نکته حائز اهمیت دیگر این است که سه قطار لوکس، غزال بنیاد و غزال وانیای ریل در هر دو مدل در رتبه‌های آخر قرار گرفته‌اند که این موضوع لزوم توجه بیشتر برای بهبود عملکرد این قطارها را می‌طلبد. همچنین با کمک نتایج به‌دست‌آمده می‌توان راهکارهای بهبود عملکرد را برای واحدهای ناکارا با توجه به الگوهای مرجع تعیین کرد. البته بیان این نکته ضروری است که این ارزیابی، نسبی بوده و در صورتی که مجموعه واحدهای تحت بررسی دچار تغییر شوند نتایج نیز دستخوش تغییر خواهند شد.

یافته‌های پژوهش نشان داد که معیارهای خدمات، تجهیزات، منابع انسانی و عوامل محیطی و فیزیکی نقش مهمی در شکل‌گیری رضایت مسافران دارند و این امر با یافته‌های مطالعات پیشین که بر اهمیت کیفیت خدمات و تأثیر آن بر رضایت مشتریان تأکید دارند، همخوانی دارد. در مقایسه با تحقیقات قبلی (طحاری و همکاران، ۱۳۹۱؛ معصومی، ۱۳۹۵؛ خادم ثامنی و آشور، ۱۳۹۹؛ شارما و همکاران، ۲۰۱۶؛ علم و همکاران، ۲۰۲۰؛ هنکه و همکاران، ۲۰۲۱)، این مطالعه به‌طور ویژه به ترکیب چند روش تحلیلی برای ارزیابی کارایی قطارها پرداخته است. استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی به زیرمعیارها و تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی، یک رویکرد جامع و چندبعدی را فراهم کرده است که نه تنها به شناسایی معیارهای کلیدی می‌پردازد بلکه کارایی نسبی هر قطار را نیز تعیین می‌کند. این پژوهش به‌طور قلیل توجهی با مطالعات مشابه که صرفاً روی یکی از این جنبه‌ها تمرکز داشته‌اند، متفاوت است. برای مثال، برخی از مطالعات گذشته (سانجیورجیو و همکاران، ۲۰۲۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۲؛ چن و همکاران، ۲۰۲۲؛ فروتان و همکاران، ۲۰۲۳؛ نیو و همکاران، ۲۰۲۳) تنها به بررسی کیفیت خدمات یا تجهیزات پرداخته‌اند، درحالی‌که در این تحقیق، ارزیابی جامع‌تری از طریق ترکیب معیارها و استفاده از دو روش مختلف تحلیلی ارائه شده است. نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که برخی از قطارها از نظر کارایی در سطح بالایی قرار دارند، درحالی‌که سایر قطارها نیاز به بهبود دارند. مقایسه این نتایج با مطالعات مشابه نشان می‌دهد که روش‌های مورد استفاده در این پژوهش می‌توانند به‌طور دقیق‌تری ناکارآمدی‌ها را شناسایی و راهکارهایی برای بهبودسازی پیشنهاد دهند.

به‌عنوان جمع‌بندی، این پژوهش از ترکیب روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها برای ارائه یک ارزیابی جامع و دقیق از رضایت مسافران و کارایی قطارهای مسافری استفاده کرده است. نتایج این تحقیق نه تنها به بهبود خدمات ریلی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به‌عنوان یک مدل برای سایر صنایع خدماتی نیز مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه با مطالعات پیشین، این رویکرد چندجانبه توانسته است نقاط ضعف و قوت سیستم حمل‌ونقل ریلی را به‌طور دقیق‌تر و عملی‌تر شناسایی کند و پیشنهادهای بهتری برای بهبودسازی ارائه دهد. برای واحدهای کارا، حفظ و تقویت نقاط قوت یکی از مهم‌ترین اقدام‌ها است. این واحدها باید تجربیات موفق خود را به اشتراک گذاشته و فرآیندها و رویه‌های مؤثر را در سایر واحدهای مشابه پیاده‌سازی کنند. همچنین، تعمیم بهترین شیوه‌ها از واحدهای موفق به سایر بخش‌ها می‌تواند به بهبود کلی

کیفیت خدمات کمک کند. این اقدام شامل استفاده از استراتژی‌های موفق در مدیریت خدمات و تعامل با مسافران می‌شود. واحدهای کارا همچنین باید به بازخورد مثبت مسافران توجه ویژه‌ای داشته و از آن برای تقویت مزیت‌های خود استفاده کنند. استفاده از این بازخورد به عنوان مبنای ارتقای خدمات و توسعه نوآوری‌ها در سایر جنبه‌های عملیات بسیار مؤثر خواهد بود. در نهایت، توسعه برنامه‌های آموزشی و کارگاه‌های ویژه برای کارکنان سایر واحدها بر اساس تجربیات و موفقیت‌های واحدهای کارا پیشنهاد می‌شود. این برنامه‌ها می‌توانند شامل آموزش‌های تخصصی در زمینه خدمات مشتری و مدیریت کیفیت باشند.

در مورد واحدهای ناکارا، تحلیل علل ناکارآمدی باید به طور جامع انجام شود تا نقاط ضعف و مسائل اصلی شناسایی شوند. این تحلیل باید شامل بررسی مشکلات مربوط به خدمات، فرایندها و تعاملات با مسافران باشد. بر اساس نتایج این تحلیل، تدوین و اجرای برنامه‌های بهبودسازی ضروری است. این برنامه‌ها باید به طور خاص روی نقاط ضعف شناسایی شده تمرکز کنند و شامل استراتژی‌های عملی برای بهبود کیفیت خدمات و افزایش رضایت مسافران باشند. واحدهای ناکارا می‌توانند از تجربیات موفق واحدهای کارا استفاده کنند. بررسی موردی و تحلیل عمیق عملکرد واحدهای موفق می‌تواند به شناسایی اقداماتی که به بهبود وضعیت آن‌ها کمک کرده، یاری رساند. همچنین، پایش و ارزیابی مداوم پس از اجرای برنامه‌های بهبودسازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این سیستم باید به مدیران امکان دهد که به طور منظم بهبودها را ارزیابی کرده و سریعاً اقدام‌های اصلاحی انجام دهند. افزایش ارتباطات و تعاملات با مسافران نیز باید در دستور کار قرار گیرد و این امر شامل افزایش شفافیت در ارتباطات، ارائه پاسخ‌های سریع و مؤثر به شکایات و بازخوردها و ارتقاء تجربه کلی مسافر می‌شود. با توجه به این پیشنهادها، شما می‌توانید استراتژی‌های بهبود عملکرد را به طور مؤثر در واحدهای کارا و ناکارا پیاده‌سازی کرده و کیفیت خدمات قطارهای مسافری را ارتقاء دهید.

محدودیت‌های اجرای این پژوهش شامل دسترسی به داده‌های دقیق و معتبر، زمان‌بندی محدود برای جمع‌آوری اطلاعات و همکاری با خبرگان است. در راستای تحقیقات آتی می‌توان برای انعکاس هر چه دقیق‌تر شرایط واقعی حاکم واقعی حاکم بر داده‌ها و ستاده‌ها از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی استفاده کرد. همچنین می‌توان از تحلیل پوششی داده‌های موزون برای سنجش کارایی قطارهای مسافری با توجه به تفاوت ضرایب اهمیت هر یک از ستاده‌ها بهره برد. مدیران قطارهای مسافری نیز می‌توانند با بهره‌گیری از نتایج تحقیق شاخص‌های ضعیف خود را شناسایی کرده و اقدام به فعالیت‌های اصلاحی کنند و از این طریق سهم و جایگاه خود را ارتقا بخشند.

فهرست منابع

- احدی، حمیدرضا و ساقیان، زهرا. (۱۳۹۴). ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی نواحی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. *فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل*، ۷(۲)، ۳۶۷-۳۷۲.
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086598.1394.7.2.8.2>
- بافندگان امروزی، وحیده. مدرس، اعظم و مهمی، زهرا. (۱۴۰۳). ارائه یک الگو جهت عارضه‌یابی اجرای مدیریت کیفیت جامع بر اساس مدل گسترش عملکرد کیفیت (مورد مطالعه: شرکت حمل‌ونقل ریلی سیمرغ). *جاده*، ۳۲(۱۱۹)، ۲۷۹-۲۹۶.
<https://doi.org/10.22034/road.2022.319629.2007>
- پورکاظمی، محمدحسین. سلطانی، حسینعلی. اسماعیلی، مرتضی و حاجی عبدالرازق، پریسا. (۱۳۸۶). ارزیابی کارایی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در مقایسه با راه‌آهن‌های کشورهای آسیای شرقی و خاورمیانه. *تحقیقات اقتصادی*، ۴۲(۱).
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.00398969.1386.42.1.4.4>
- خادم ثامنی، ملودی و آشور، علی. (۱۳۹۹). بررسی تأثیر سطح تحصیلات نیروی انسانی در کارایی صنعت ریلی ایران و نقش دانشکده مهندسی راه‌آهن. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۲۲(۸۸)، ۵۷-۷۲.
<https://doi.org/10.22047/ijee.2021.216159.1715>

- بیاتی صداقت، مهدیه. سرداری، احمد و یزدانی، ناصر. (۱۳۹۹). بررسی رابطه‌ی بین ابعاد مسئولیت اجتماعی شرکت و وفاداری مشتری (مورد مطالعه: شرکت حمل‌ونقل مسافری رجاء). *نشریه علمی راهبردهای بازرگانی*، ۱۴(۹)، ۷۷-۹۰.
https://cs.shahed.ac.ir/article_2353.html?lang=fa
- طحاری مهرجردی، محمدحسین. فاضل یزدی، علی. دهقان هراتی، شهین؛ موسوی بصری، سیدمسلم. (۱۳۹۱). ارزیابی عملکرد و بهره‌وری و تعیین ساختار بهینه منابع و شاخص‌های عملکرد نواحی ۱۵ گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از رویکرد ناپارامتریک. *دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*، تهران.
[/https://civilica.com/doc/200329](https://civilica.com/doc/200329)
- عصاری، علیرضا و سلیمانیان‌فر، آروین. (۱۳۸۲). بررسی مدل‌های ارزیابی خدمات شرکت‌های راهبردی حمل‌ونقل ریلی مسافری و انتخاب مدل مناسب. *مدیر ساز*، ۱۴(۶)، ۵۳-۷۴.
<https://www.magiran.com/volume/10075>
- معصومی، پرستو. (۱۳۹۵). بررسی کارایی بخش حمل‌ونقل ریلی - مسافری کشور با استفاده از رهیافت DEA. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، ۱۳(۲)، ۴۲-۵۶.
https://www.trijournal.ir/article_38878.html
- فیض، داود. زارعی، عظیم و زرگر، سید مجتبی. (۱۳۹۰). بررسی رابطه بین کیفیت خدمات و رضایت مشتریان به واسطه ارزش ادراک‌شده خدمات (مطالعه موردی شرکت قطارهای مسافری رجاء). *نشریه علمی راهبردهای بازرگانی*، ۹(۴۷)، ۳۱۱-۳۲۴.
https://cs.shahed.ac.ir/article_2210.html
- Abramović, B., & Šipuš, D. (2020). Quality Assessment of Regional Railway Passenger Transport. *Sustainable Rail Transport*, 83-96. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19519-9_2
- Ahadi, H., & Saghian, Z. (2015). Applying Data Envelopment Analysis to Evaluate and Rank the Efficiency of Railway Regions in Iran. *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 7(2), 367-372. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086598.1394.7.2.8.2> [in Persian].
- Alam, K. M., Xuemei, L., Baig, S., Yadong, L., & Shah, A. A. (2020). Analysis of technical, pure technical and scale efficiencies of Pakistan railways using data envelopment analysis and Tobit regression model. *Networks and Spatial Economics*, 20, 989-1014. <https://doi.org/10.1007/s11067-020-09510-9>
- Bafandegan emroozi, V., Modares, A., & Mohemi, Z. (2024). Presenting a Model for Diagnosing the Implementation of Total Quality Management Based on Quality Function Deployment Model (Case Study: Simorgh Rail Transportation Company). *Road*, 32(119), 279-296. <https://doi.org/10.22034/road.2022.319629.2007> [in Persian].
- Bayati Sedaghat, M., Sardari, A., & Yazdani, N. (2020). Surveying the Relation between Aspects of Companies Social Responsibility and Customers Loyalty (Case Study: Raja Transportation Company). *Commercial Strategies*, 14(9), 77-90. https://cs.shahed.ac.ir/article_2353.html?lang=en
- Cheng, C., Wang, M., Wang, J., Shao, J., & Chen, H. (2022). An SFA-HMM performance evaluation method using state difference optimization for running gear systems in high-speed trains. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 32(3), 389-402. <https://doi.org/10.34768/amcs-2022-0028>
- Dong, B., Ikonnikova, I., Rogulin, R., Sakulyeva, T., & Mikhaylov, A. (2021). Environmental-economic approach to optimization of transport communication in megacities. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 56(6), 660-666. <https://doi.org/10.1080/10934529.2021.1913928>
- Erdogan, S., Adedoyin, F. F., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2020). Testing the transport-induced environmental Kuznets curve hypothesis: The role of air and railway transport. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101935. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101935>
- Esari, A. & Soleymanifar, A. (2003). Examining service evaluation models of strategic passenger rail transport companies and selecting the appropriate model. *Manager Maker*, 14(6), 53-74. <https://www.magiran.com/volume/10075> [In Persian].

- Farimani, N. M., Ghanbarzade, J., & Modares, A. (2022). A new approach for pricing based on passengers' satisfaction. *Transportation Journal*, 61(2), 123-150. <https://doi.org/10.5325/transportationj.61.2.0123>
- Feiz, D., Zarei, A., & Zargar, S. (2011). Service Quality And Customer Satisfaction Considering The Role Of The Perceived Service Value. *Commercial Strategies*, 9(47), 311-324. https://cs.shahed.ac.ir/article_2210.html [in Persian].
- Foroutan, S. L. F., & Bamdad, S. (2023). Efficiency measurement of railway passenger stations through network data envelopment analysis. *Research in Transportation Business & Management*, 46, 100767. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100767>
- Gadepalli, R., & Rayaprolu, S. (2020). Factors affecting performance of urban bus transport systems in India: A Data Envelopment Analysis (DEA) based approach. *Transportation Research Procedia*, 48, 1789-1804. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.214>
- Ghasemi, N., Najafi, E., Lotfi, F. H., & Sobhani, F. M. (2020). Assessing the performance of organizations with the hierarchical structure using data envelopment analysis: An efficiency analysis of Farhangian University. *Measurement*, 156, 107609. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107609>
- Geetika., Shefali, L. M., & Tone, K. (2006). Data envelopment Analysis: A Study of RailWay Platform in India. *Journal of Public Transportation*, 13(1). <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1149&context=jpt>
- Güner, S., Taşkın, K., Cebeci, H. İ., & Aydemir, E. (2024). Service quality in rail systems: listen to the voice of social media. *Transportation Research Record*, 2678(6), 824-847. <https://doi.org/10.1177/03611981231200225>
- Haghighi, D., & Babazadeh, R. (2020). Efficiency Evaluation of Railway Freight Stations by Using DEA Approach. *Iranian Journal of Optimization*, 12(2), 175-185. https://journals.iau.ir/article_680085.html?lang=en
- Henke, I., Esposito, M., della Corte, V., del Gaudio, G., & Pagliara, F. (2021). Airport efficiency analysis in europe including user satisfaction: A non-parametric analysis with dea approach. *Sustainability*, 14(1), 283. <https://doi.org/10.3390/su14010283>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2009.12.002>
- Khadem Sameni, M., & Ashour, A. (2021). Investigating the impact of human resource educational level on efficiency of Iranian railways and the role of school of railway engineering. *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(88), 57-72. <https://doi.org/10.22047/ijee.2021.216159.1715> [in Persian].
- Li, X., Zhan, J., Lv, T., Wang, S., & Pan, F. (2023). Comprehensive evaluation model of the urban low-carbon passenger transportation structure based on DPSIR. *Ecological Indicators*, 146, 109849. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109849>
- Masoomi, P. (2016). Efficiency Components analysis of regional rail-passenger transportation; using DEA model. *Journal of Transportation Research*, 13(2), 42-56. https://www.trijournal.ir/article_38878.html [in Persian].
- Michali, M., Emrouznejad, A., Dehnokhalaji, A., & Clegg, B. (2021). Noise-pollution efficiency analysis of European railways: A network DEA model. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98, 102980. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102980>
- Modares, A., Farimani, N. M., & Emroozzi, V. B. (2023). A new model to design the suppliers portfolio in newsvendor problem based on product reliability. *Journal of Industrial and Management optimization*, 19(6), 4112-4151. <https://doi.org/10.3934/jimo.2022124>
- Modares, A., Kazemi, M., Emroozzi, V. B., & Roozkhosh, P. (2023). A new supply chain design to solve supplier selection based on internet of things and delivery reliability. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 19(11), 7993-8028. <https://doi.org/10.3934/jimo.2023028>

- Niu, Y., Li, X., Zhang, J., Deng, X., & Chang, Y. (2023). Efficiency of railway transport: A comparative analysis for 16 countries. *Transport Policy*, 141, 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.07.007>
- Ojekunle, J. A., Ibrahim, S. D., Oluwole, M. S., & Owoye, A. S. (2021). Evaluating Customers' Satisfaction of Service Quality of State-Owned Transport Company: A Case of Kano State Transport Authority (Kano Line), Nigeria. *In Sustainable Education and Development* 9 (pp. 209-223). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68836-3_19
- Pourkazmi, M., Soltani, H., Smaeili, M., & Abdolrazegh, 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. *Economics Research*, 42(1). <https://dori.net/dor/20.1001.1.00398969.1386.42.1.4.4> [in Persian].
- Roy, S., Mazzulla, G., Hore, S., & Mitra, S. (2024). Exploring the passengers' socio-economic structure and its impact on the perception of railway infrastructures and services in Tripura, India. *Public Transport*, 16(1), 213-240. <https://doi.org/10.1007/s12469-023-00328-5>
- Sangiorgio, V., Mangini, A. M., & Precchiazzi, I. (2020). A new index to evaluate the safety performance level of railway transportation systems. *Safety science*, 131, 104921. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104921>
- 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*, 27(3), 629-649. <https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2014-0122>
- Shi, R., Feng, X., Li, K., & Tao, Z. (2022). Evaluation of passenger service within the area of Beijing west railway station. *Smart and Resilient Transportation*, 4(1), 2-11. <https://doi.org/10.1108/SRT-07-2021-0006>
- Shirazi, F., & Mohammadi, E. (2019). Evaluating efficiency of airlines: A new robust DEA approach with undesirable output. *Research in Transportation Business & Management*, 33, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100467>
- Song, M., Jia, G., & Zhang, P. (2020). An evaluation of air transport sector operational efficiency in China based on a three-stage DEA analysis. *Sustainability*, 12(10), 4220. <https://doi.org/10.3390/su12104220>
- Tahari, M.H., Fazel Yazdi, A., Harati, S., & Basari, S.M. (2012). Evaluation of performance and productivity and determination of the optimal structure of resources and performance indicators of the 15 railway regions of the Islamic Republic of Iran using a non-parametric approach. the 12th *International Conference on Transportation and Traffic Engineering*, Tehran. <https://civilica.com/doc/200329/> [in Persian].
- Wang, C. N., Le, T. Q., Yu, C. H., Ling, H. C., & Dang, T. T. (2022). Strategic environmental assessment of land transportation: an application of DEA with undesirable output approach. *Sustainability*, 14(2), 972. <https://doi.org/10.3390/su14020972>.
- Yang, J., Shiwakoti, N., & Tay, R. (2023). Passengers' Perception of Satisfaction and Its Relationship with Travel Experience Attributes: Results from an Australian Survey. *Sustainability*, 15(8), 6645. <https://doi.org/10.3390/su15086645>
- Zhang, L., & Hua, X. (2023). Evaluating efficiency of railway transportation based on cross-efficiency evaluation method and relative entropy evaluation method in China. *IET Intelligent Transport Systems*, 17(12), 2410-2418. <https://doi.org/10.1049/itr2.12420>
- Zhong, K., Wang, Y., Pei, J., Tang, S., & Han, Z. (2021). Super efficiency SBM-DEA and neural network for performance evaluation. *Information Processing & Management*, 58(6), 102728. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102728>