ارزیابی عملکرد عملیاتی مرز ریلی اینچه‌برون بر پایه شاخص‌های کلیدی عملکرد: تحلیل روند جابه‌جایی کالا طی دوره ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴

مقاله علمی-پژوهشی

مرتضی شربتی نوکنده، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

*__محمدهادی الماسی (نویسنده مسئول)__، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

*__پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mh.almasi@iau.ac.ir__

دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۵- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۰۵

صفحه ۴۰۰-۳۷۹

چکیده

مرز ریلی اینچه‌برون مهم‌ترین نقطه اتصال شبکه ریلی ایران به ترکمنستان و آسیای میانه است و جایگاهی راهبردی در کریدورهای بین‌المللی ترانزیت دارد. با وجود این اهمیت، عملکرد عملیاتی این مرز تاکنون به صورت نظام‌مند و مبتنی بر داده‌های بلندمدت ارزیابی نشده است. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی عملکرد عملیاتی مرز ریلی اینچه‌برون طی دوره ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ بر پایه شاخص‌های کلیدی عملکرد (□□□) و تحلیل روند جابه‌جایی کالا است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی تحلیلی است. داده‌ها از آمارهای رسمی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران استخراج شد و بر اساس شاخص‌هایی نظیر حجم بارگیری و تخلیه (هزار تن)، تناژ ترانزیت، و تعداد واگن بارگیری شده، با به‌کارگیری روش‌های تحلیل روند و نرخ رشد مرکب سالانه (□□□□)تجزیه و تحلیل گردید. حجم کل جابه‌جایی کالا از ۲۲۴/۵ هزار تن در سال ۱۳۹۶ به ۶۹۷/۸ هزار تن در سال ۱۴۰۴ افزایش یافت؛ به گونه‌ای که متوسط حسابی رشد سالانه ۱۸/۰۲ درصد، نرخ رشد مرکب سالانه حدود ۱۵ درصد و رشد کل دوره ۲۱۰/۸۲ درصد برآورد شد. شاخص تن‌کیلومتر مبدا به مقصد نیز متوسط حسابی رشد سالانه ۱۸/۶۹ درصد، نرخ رشد مرکب سالانه ۲/۸۵ درصد و رشد کل دوره ۲۵/۲۴ درصد را نشان داد. کمترین مقدار این شاخص در سال ۱۴۰۲ (بیش از ۸۸ میلیون تن‌کیلومتر) و بیشترین مقدار آن در سال ۱۴۰۳ (بیش از ۲۷۵ میلیون تن‌کیلومتر) ثبت شد. شدیدترین افت تن‌کیلومتر در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال قبل با کاهش ۴۴،۶۳ درصدی ثبت شد. افت سال ۱۴۰۲ نسبت به ۱۴۰۱ برابر ۲۷،۱۸ درصد بود و عمدتاً ناشی از کوتاه شدن میانگین مسافت حمل و تمرکز بار بر مقاصد نزدیک‌تر ارزیابی می‌شود. در مقابل، سال ۱۴۰۳ با رشد ۲۱۰،۴۳ درصدی بیشترین جهش دوره را رقم زد. تحلیل شاخص‌ها نشان می‌دهد ظرفیت عملیاتی مرز به طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نگرفته و امکان افزایش سهم حمل‌ونقل ریلی در تجارت منطقه‌ای وجود دارد. بر این اساس، توسعه زیرساخت‌های ریلی، ارتقای فرآیندهای بهره‌برداری، بهبود هماهنگی بین‌سازمانی و استقرار نظام پایش مبتنی بر شاخص‌های کلیدی عملکرد به عنوان راهکارهای اصلی تقویت جایگاه این مرز در کریدورهای بین‌المللی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مرز ریلی اینچه‌برون، حمل‌ونقل ریلی، شاخص‌های کلیدی عملکرد، تحلیل روند، ترانزیت کالا

۱-مقدمه

حمل‌ونقل به‌طور کلی به‌عنوان سامانه‌ای یکپارچه متشکل از زیرساخت‌ها، شیوه‌های جابه‌جایی و پایانه‌ها شناخته می‌شود که بستر لازم برای تعاملات گسترده اقتصادی و اجتماعی میان افراد، بنگاه‌ها و مناطق مختلف را فراهم می‌آورد (Rodrigue, 2024). در این میان، حمل‌ونقل ریلی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه پایدار، نقش اساسی در افزایش بهره‌وری اقتصادی،

کاهش هزینه‌های جابه‌جایی، ارتقای ایمنی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و توسعه تجارت بین‌المللی ایفا می‌کند. در دهه‌های اخیر، رشد فزاینده تجارت جهانی و توسعه کریدورهای ترانزیتی، اهمیت شبکه‌ها و پایانه‌های مرزی ریلی را در ایجاد پیوند ساختاری میان کشورهای تولیدکننده و بازارهای مصرف دوچندان کرده است. بر همین اساس، بسیاری از دولت‌ها با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ریلی و بهبود عملکرد پایانه‌های زمینی، در پی کسب سهم بیشتری از بازار ترانزیت و حمل‌ونقل بین‌المللی هستند (استادی جعفری، ۱۴۰۲). جمهوری اسلامی ایران به دلیل موقعیت ژئوپلیتیکی ممتاز، در محل تلاقی کریدورهای راهبردی شمال و جنوب و همچنین شرق و غرب قرار گرفته و ظرفیت بالایی برای نقش‌آفرینی در زنجیره‌های تأمین منطقه‌ای و جهانی دارد. در این ساختار، مرزهای ریلی کشور به‌عنوان حلقه اتصال شبکه داخلی با کشورهای همسایه، نقشی تعیین‌کننده در تسهیل تجارت خارجی، توسعه ترانزیت کالا و تنوع‌بخشی به درآمدهای ارزی ایفا می‌کنند(نورعلی و احمدی، ۱۴۰۱؛ دهقانی فیروزآبادی و همکاران، ۱۴۰۳).

مرز ریلی اینچه‌برون، به‌عنوان یکی از گذرگاه‌های کلیدی شمال شرقی کشور، از جایگاه ویژه‌ای در ارتباط با کشورهای آسیای میانه، حوزه اوراسیا و کریدور بین‌المللی شمال و جنوب برخوردار است. این مرز علاوه بر تسهیل مبادلات تجاری، محرک مؤثری در توسعه حمل‌ونقل چندوجهی و ارتقای سهم شیوه ریلی در جابه‌جایی بار محسوب می‌شود. با این وجود، عملکرد این پایانه تحت تأثیر مؤلفه‌های متعددی از جمله ظرفیت زیرساختی، نوسانات اقتصادی، حجم تجارت، فرآیندهای عملیاتی و سیاست‌گذاری‌های کلان قرار دارد که پایش مستمر آن‌ها برای تصمیم‌سازی‌های مدیریتی امری گریزناپذیر است. علی‌رغم ظرفیت‌های بالقوه موجود، شواهد میدانی و گزارش‌های نهادهای بین‌المللی نشان‌دهنده چالش‌های جدی در عملکرد مناطق لجستیکی مرزی ایران است. بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۲۳، رتبه ٦٤ ایران در شاخص عملکرد لجستیک حاکی از کاستی‌های مشهود در زیرساخت‌های حمل‌ونقل، کارایی تشریفات گمرکی و کیفیت خدمات لجستیکی است. به‌علاوه، فقدان سند جامع و یکپارچه لجستیک ملی، نارسایی در هماهنگی‌های عملیاتی میان سازمان‌های مستقر در مرز و سطح پایین سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، توسعه همه‌جانبه مناطقی نظیر اینچه‌برون را با محدودیت‌های ساختاری مواجه ساخته است. این شرایط، ضرورت ارزیابی نظام‌مند و داده‌محور عملکرد مرزهای ریلی را برای شناسایی دقیق گلوگاه‌ها و ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد علمی آشکار می‌سازد.

در بررسی پیشینه پژوهش، مطالعات متعددی به ارزیابی شاخص‌های عملکردی و ظرفیت‌سنجی شبکه‌های ریلی پرداخته‌اند. صنایی ایلخچی و همکاران (۱٤۰٤) با بهره‌گیری از تکنیک‌های داده‌کاوی، مؤلفه‌های مؤثر بر عملکرد حمل بار ریلی را در سطح شبکه راه‌آهن ایران مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی نشان دادند که چگونه متغیرهای عملیاتی می‌توانند بر شاخص‌های کلیدی نظیر تن‌کیلومتر خالص و تناژ بار خالص تأثیر بگذارند و راهکارهایی برای بهینه‌سازی جریان بار ارائه نمودند (ثنایی ایلخچی و همکاران، ۱٤۰۱). در رویکردی دیگر به مقوله ظرفیت‌سنجی، خاکسار (۱٤۰٤) با تأکید بر پیچیدگی‌های محاسبه ظرفیت در خطوط ریلی، به بررسی دقیق روش‌های تحلیلی پرداخت. وی ضمن اثبات کارآمدی دستورالعمل استاندارد اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها برای بومی‌سازی در شبکه ریلی ایران، یک ابزار نرم‌افزاری کاربردی برای سنجش دقیق ظرفیت بلوک‌ها توسعه داد که امکان شناسایی گلوگاه‌های ترافیکی را در مقاطع مختلف خطوط فراهم می‌آورد (Khaksar, 2025). همچنین احدی و ساقیان (۱۳۹٤) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، ضمن ارزیابی کارآیی نواحی مختلف راه‌آهن، متغیرهای ورودی نظیر تعداد لکوموتیو و طول خطوط را در کنار متغیرهای خروجی بررسی کردند و تأثیر منفی سوانح ریلی را به‌عنوان یک خروجی نامطلوب در ارزیابی کارآیی نواحی لحاظ نمودند (احدی و ساقیان، ۱۳۹٤). در سطح بین‌المللی، رویکردهای نوینی برای بهینه‌سازی عملیات و ارزیابی قابلیت اطمینان پایانه‌ها توسعه یافته است. گیشبرگر و همکاران (۲۰۲٦) بر لزوم فراتر رفتن از معیارهای سنتی مانند زمان‌بندی تأکید کرده و رویکردی مبتنی بر عامل را برای تحلیل کل زنجیره تأمین پیشنهاد دادند تا تعاملات پیچیده میان ذی‌نفعان مختلف در پایانه‌های حمل‌ونقل به‌دقت مدل‌سازی شود(Geischberger et al., 2026) . همچنین، گو و همکاران (۲۰۲۵) روش بهینه‌سازی را برای به حداکثر رساندن استفاده از ظرفیت جدول زمانی قطارهای راه‌آهن پرسرعت بر اساس مدل مسیریابی گره ارائه کردند که می‌تواند

در بهبود بهره‌وری در مسیرهای پرتردد ریلی مورد استفاده قرار گیرد(Gu et al., 2025). ون در ناپ و همکاران (۲۰۲۵) نیز یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) برای طراحی جدول زمانی روزانه شامل چند دوره با برنامه‌های خطی متفاوت ارائه کردند که قابلیت سازگاری بالایی با نوسانات پویای تقاضا در شبکه‌های ریلی پرتردد دارد (van der Knaap et al., 2025). همچنین در زمینه عملیات ایستگاهی، لوانگبوریبون و همکاران (۲۰۲۵) مدل‌های برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط را برای مدیریت بهینه جریان مسافران گسسته و تخصیص سکوها در پایانه‌های بزرگ توسعه دادند(Luangboriboon et al., 2025) . امونداز و نیسن (۲۰۲۵) با ارائه یک مدل صف‌بندی مارکوفی زمان‌پیوسته، چارچوبی تحلیلی و مستقل از جدول زمانی برای ارزیابی عملکرد ایستگاه‌ها معرفی کردند که وابستگی به داده‌های قطعی را کاهش می‌دهد(Emunds & Nießen, 2025) . مطالعات جدیدتر نظیر پژوهش اسلامی و همکاران (۲۰۲۵) نیز اثربخشی استراتژی‌های توقف متناوب و بهینه‌سازی سرعت را در شبکه‌های ریلی اثبات کرده‌اند که به کاهش مصرف انرژی و افزایش ظرفیت خطوط کمک شایانی می‌کند (Eslami et al., 2025). فراتر از رویکردهای عملیاتی رایج، تریولا و همکاران (۲۰۲۵) به طراحی بهینه زیرساخت‌های سوخت‌رسانی هیدروژنی پرداخته‌اند که نشان‌دهنده گذار اجتناب‌ناپذیر مطالعات جهانی به سمت استفاده از انرژی‌های پاک و توسعه پایدار در شبکه‌های ریلی است(Trivella et al., 2025).

در کنار این مطالعات، داده‌های رسمی کشور نیز روند عملکرد بخش حمل‌ونقل را مستند کرده‌اند. گزارش‌های سالانه عملکرد ترانزیت و حمل‌ونقل ترکیبی سازمان بنادر و دریانوردی، گزارش‌های توسعه کریدورهای ترانزیتی سازمان توسعه تجارت ایران و سالنامه‌های آماری مرکز آمار ایران در دوره ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ نشان می‌دهند که توسعه حمل‌ونقل ترکیبی و تقویت کریدورهای ترانزیتی نقش مهمی در افزایش بهره‌وری زنجیره تأمین، رشد ترانزیت و توسعه تجارت منطقه‌ای و بین‌المللی داشته است. همچنین بر اهمیت اتصال بنادر جنوبی به مرزهای ریلی شمالی، از جمله مرز ریلی اینچه‌برون، در ارتقای جایگاه ترانزیتی ایران تأکید شده است (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۴۰۴؛ سازمان توسعه تجارت ایران، ۱۴۰۴؛ مرکز آمار ایران، ۱۴۰۴). گزارش‌های پژوهشی پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی نیز در همین دوره بر ضرورت ارزیابی مستمر عملکرد ایستگاه‌های مرزی تأکید کرده‌اند. در حوزه توسعه حمل‌ونقل ریلی و لجستیک به بررسی چالش‌ها، ظرفیت‌ها و راهکارهای توسعه شبکه ریلی، مراکز لجستیکی، حمل‌ونقل ترکیبی، کریدورهای ترانزیتی و ارتقای بهره‌وری زنجیره تأمین پرداخته‌اند. این گزارش‌ها بر توسعه زیرساخت‌های ریلی، افزایش اتصال مراکز تولید، بنادر و پایانه‌های مرزی به شبکه حمل‌ونقل، بهبود مدیریت لجستیک، استفاده از فناوری‌های نوین و تقویت نقش حمل‌ونقل ریلی در کاهش هزینه‌های حمل، افزایش رقابت‌پذیری و توسعه ترانزیت کشور تأکید دارند. همچنین، توسعه مرز ریلی اینچه‌برون به‌عنوان یکی از گره‌های راهبردی کریدورهای بین‌المللی، از محورهای مهم مطالعات این دوره معرفی شده است (پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۴۰۴).

گزارش‌های مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی درباره بررسی چالش‌ها و راهکارهای توسعه حمل‌ونقل ریلی کشور در دوره ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴، مهم‌ترین موانع توسعه شبکه ریلی را شامل کمبود سرمایه‌گذاری، فرسودگی ناوگان، ضعف زیرساخت‌ها، نارسایی‌های مدیریتی، نبود اتصالات یکپارچه حمل‌ونقلی، توسعه‌نیافتگی مراکز لجستیکی و محدودیت‌های سیاستی و قانونی معرفی می‌کند. این گزارش‌ها بر توسعه کریدورهای ریلی، حمل‌ونقل چندوجهی، ارتقای بهره‌وری، تکمیل زیرساخت‌ها، جذب سرمایه‌گذاری و اصلاح سیاست‌های حمایتی به‌منظور افزایش رقابت‌پذیری شبکه ریلی تأکید داشته و توسعه مرز ریلی اینچه‌برون را در افزایش ترانزیت، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و تقویت جایگاه ایران در کریدورهای بین‌المللی مؤثر می‌دانند (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۴). اسناد آمایش سرزمین و توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل سازمان برنامه و بودجه کشور در دوره ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ بر توسعه متوازن فضایی، تقویت پیوند میان مراکز جمعیتی، فعالیت‌های اقتصادی و شبکه‌های حمل‌ونقل، توسعه کریدورهای ترانزیتی، حمل‌ونقل ترکیبی و ارتقای زیرساخت‌های ریلی تأکید دارند. این اسناد، توسعه مناطق مرزی و مراکز لجستیکی، افزایش اتصال بنادر، مراکز تولید و پایانه‌های مرزی به شبکه ریلی و تقویت جایگاه ایران در کریدورهای شمال–جنوب و شرق–غرب را از راهبردهای اصلی توسعه سرزمینی معرفی می‌کنند. در این چارچوب، توسعه مرز ریلی

اینچه‌برون به‌عنوان یکی از گره‌های راهبردی شبکه حمل‌ونقل کشور، نقش مهمی در افزایش ترانزیت، توسعه تجارت منطقه‌ای و ارتقای جایگاه ژئوپلیتیکی ایران ایفا می‌کند (سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۴۰۴).

در کنار پژوهش‌های دانشگاهی، مرور دقیق اسناد بالادستی و گزارش‌های رسمی نهادهای حاکمیتی نیز روند عملکردی بخش حمل‌ونقل را تبیین می‌کند. گزارش‌های ادواری سازمان بنادر و دریانوردی، سازمان توسعه تجارت و مرکز آمار ایران طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴، به‌طور پیوسته بر ضرورت توسعه حمل‌ونقل ترکیبی و ایجاد پیوند عملیاتی میان بنادر جنوبی و پایانه‌های مرزی شمالی از جمله اینچه‌برون تأکید داشته‌اند. این گزارش‌ها، یکپارچگی لجستیکی را عامل اصلی در جذب بارهای ترانزیتی منطقه معرفی می‌کنند(سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۴۰۴؛ سازمان توسعه تجارت ایران، ۱۴۰۴؛ مرکز آمار ایران، ۱۴۰۴).

با این حال، ارزیابی‌های آسیب‌شناسانه مرکز پژوهش‌های مجلس و پژوهشکده حمل‌ونقل صراحتاً نشان می‌دهند که چالش‌های ساختاری نظیر کمبود شدید لکوموتیو آماده‌به‌کار، فرسودگی ناوگان باری، فقدان سرمایه‌گذاری کافی در نوسازی خطوط و توسعه‌نیافتگی هاب‌های لجستیکی پشتیبان، همچنان به‌عنوان موانع بازدارنده در مسیر ارتقای رقابت‌پذیری شبکه ریلی ایران عمل می‌کنند (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۴؛ پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۴۰۴). هم‌راستا با این چالش‌ها، اسناد کلان آمایش سرزمین و چشم‌انداز توسعه وزارت راه و شهرسازی، راهبردهایی چون تمرکز سرمایه بر کریدورهای ترانزیتی درآمدزا، تجهیز پایانه‌های مرزی به فناوری‌های نوین تخلیه و بارگیری، و ایجاد یکپارچگی در اتصالات حمل‌ونقلی بین‌المللی را به‌عنوان تنها مسیر برون‌رفت از وضع موجود هدف‌گذاری کرده‌اند.

این داده‌ها امکان تحلیل روند شاخص‌های عملکردی، ارزیابی ظرفیت زیرساختی و بررسی جایگاه مرز ریلی اینچه‌برون در شبکه حمل‌ونقل کشور را فراهم ساخته و نشان می‌دهند که توسعه زیرساخت‌ها، افزایش ظرفیت عملیاتی و بهبود خدمات لجستیکی در ارتقای عملکرد حمل‌ونقل ریلی و توسعه ترانزیت نقش مؤثری داشته است. و همچنین افزایش ظرفیت کریدورهای ترانزیتی، بهبود خدمات لجستیکی، تقویت حمل‌ونقل چندوجهی و ارتقای سهم حمل‌ونقل ریلی، از مهم‌ترین عوامل بهبود عملکرد شبکه حمل‌ونقل کشور بوده است (سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۴۰۴؛ گمرک جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۱؛ وزارت راه و شهرسازی، ۱۴۰۴).

در مقیاس جهانی و از منظر تحلیل روندهای کلان، گزارش‌های نهادهای مرجع همچون اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها ضرورت اتکاء به داده‌های دقیق عملیاتی را برجسته می‌سازد. تحلیل داده‌های کلان در بازه‌های زمانی بلندمدت، تغییرات ساختاری شبکه‌های ریلی را در سطح بین‌المللی به‌خوبی تبیین می‌کند. بر اساس گزارش سال ۲۰۲۵ اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها که روند توسعه شبکه و سهم بازار را طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۳ بررسی کرده است، بیشترین میزان توسعه زیرساخت‌ها و تمرکز ترافیک مسافر و بار در منطقه آسیا و اقیانوسیه، به‌ویژه در چین، محقق شده است؛ در حالی که بسیاری از مناطق دیگر با رکود یا توقف توسعه شبکه مواجه بوده‌اند. این ارزیابی‌ها همچنین نشان می‌دهند که به‌رغم افت شدید سفرهای ریلی در پی همه‌گیری کووید ۱۹، چالش ساختاری مهم‌تر، کاهش سهم راه‌آهن در بازارهای حمل‌ونقل داخلی است که عمدتاً از رشد شتابان و رقابت‌پذیری شیوه جاده‌ای نشأت می‌گیرد. این تفاوت در رویکردهای سرمایه‌گذاری میان مناطق مختلف، ضرورت تدوین استراتژی‌های جامع برای حفظ سهم بازار ریلی را دوچندان می‌کند(International Union of Railways, 2025).

در امتداد این روندها، بر اساس تازه‌ترین گزارش این اتحادیه، ترافیک مسافری ریلی جهان در سال ۲۰۲۴ با رشدی هفت درصدی نسبت به سال پیش از آن، برای نخستین بار پس از همه‌گیری کووید ۱۹ به سطح سال ۲۰۱۹ بازگشته است. در این میان، آسیا با محوریت شبکه‌های ریلی چین و هند و جابه‌جایی بیش از دو و شش دهم تریلیون مسافرکیلومتر، پیشتاز بلامنازع این حوزه به شمار می‌رود. با این وجود، حمل‌ونقل ریلی بار در مقیاس جهانی با رکود مواجه بوده و علی‌رغم رشد شش درصدی عملکرد راه‌آهن هند، کاهش هشت درصدی حجم بار در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، روند کلی این بخش را در قاره سبز نزولی ساخته است؛ در حالی که این روند در آسیا عمدتاً صعودی ارزیابی می‌شود (International Union of Railways, 2024b).

در راستای پایش دقیق این روندهای متغیر، اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها پلتفرم آماری رایلیزا را به‌عنوان یک سامانه جامع توسعه داده است که شاخص‌های حیاتی و متعددی نظیر طول خطوط

شبکه، ترافیک مسافر و بار بر حسب مسافرکیلومتر و تن‌کیلومتر را با پیشینه‌ای مستند از سال ۱۹۹۵ میلادی به‌روزرسانی می‌کند (International Union of Railways, 2024a).

رهنمودهای اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن و بانک توسعه آسیایی و دیگر سازمان‌های بین المللی مرتبط، توسعه هدفمند زیرساخت‌های ریلی یکپارچه را پیش‌شرط اساسی برای حفظ رقابت‌پذیری تجاری در بازارهای نوظهور می‌دانند. (Asian Development Bank (ADB), 2022; European Commission, 2020; International Union of Railways (UIC), 2023; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2022; United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2023; World Bank, 2021).

با وجود تعدد مطالعات در حوزه زیرساخت‌های ریلی، مرور جامع ادبیات و اسناد نشان می‌دهد که پژوهش‌های کمّی با تمرکز اختصاصی بر "ارزیابی عملکرد عملیاتی پایانه‌های مرزی ایران" با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکرد و تحلیل روند بلندمدت داده‌های واقعی در بازه‌های زمانی مشخص بسیار محدود است. این شکاف اطلاعاتی، لزوم انجام تحقیقات کاربردی برای تحلیل دینامیک جابه‌جایی کالا و شناسایی گلوگاه‌های فیزیکی و عملیاتی در مبادی مرزی را برجسته می‌سازد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی جامع عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون بر پایه شاخص‌های کلیدی عملکرد و تحلیل روند جریان بار طی بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ تدوین شده است (راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۵). پرسش اصلی پژوهش آن است که عملکرد عملیاتی مرز ریلی اینچه‌برون طی این دوره چه روندی را طی کرده و مهم‌ترین گلوگاه‌های زیرساختی و عملیاتی مؤثر بر جریان بار در این پایانه کدام‌اند؟ از منظر چارچوب نظری، این پژوهش بر رویکرد ارزیابی عملکرد مبتنی بر شاخص‌های کلیدی و تحلیل روند سری‌های زمانی استوار است؛ رویکردی که در مطالعات پیشین در قالب مدل‌هایی نظیر تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌های صف‌بندی و روش‌های ظرفیت‌سنجی اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها به کار گرفته شده و در پژوهش حاضر برای مقیاس یک پایانه مرزی بومی‌سازی می‌شود.

اهمیت انجام این پژوهش شامل چند بعد اساسی است: نخست، از معدود مطالعات تحلیل سیستماتیک و مبتنی بر داده‌های سری زمانی از عملکرد مرز اینچه‌برون میباشد که قابلیت تعمیم متدولوژیک به سایر پایانه‌های ریلی کشور را دارد. دوم، شناسایی دقیق نوسانات عملیاتی و ریشه‌یابی عوامل ایجادکننده آن‌ها که مسیر را برای برنامه‌ریزی‌های پیشگیرانه و تخصیص بهینه منابع هموار می‌سازد. سوم، پایه‌گذاری یک نظام پایش مستمر مبتنی بر شاخص‌های عملکردی استاندارد در سطح شبکه ریلی. در نهایت، انتظار می‌رود دستاوردهای این مطالعه، داده‌های علمی و متقنی را در اختیار سیاست‌گذاران و مدیران ارشد قرار دهد تا با اتخاذ تصمیمات راهبردی، زمینه افزایش بهره‌وری فرآیندها و تحکیم جایگاه ژئوپلیتیک ایران در کریدورهای بین‌المللی را فراهم آورند. افزون بر این، نتایج پژوهش برای طیف گسترده‌تری از خوانندگان نیز کاربرد مستقیم دارد: پژوهشگران حوزه حمل‌ونقل می‌توانند از چارچوب روش‌شناختی آن در ارزیابی سایر پایانه‌ها بهره گیرند، مدیران اجرایی مبنایی مستند برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری و اصلاح فرآیندهای عملیاتی به دست می‌آورند و فعالان بخش خصوصی و شرکت‌های لجستیکی درک دقیق‌تری از فرصت‌ها و محدودیت‌های واقعی این گذرگاه راهبردی کسب می‌کنند.

۲-ارائه مدل مفهومی و مشخصات کلی مسئله

ارزیابی عملکرد مرزهای ریلی، مستلزم استفاده از شاخص‌هایی است که بتوانند وضعیت واقعی سیستم را از ابعاد عملیاتی، مدیریتی و بهره‌برداری به‌صورت کمی و قابل مقایسه نشان دهند. در این پژوهش، به‌منظور تحلیل عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون، از چارچوب شاخص‌های کلیدی عملکرد (Key Performance Indicators: KPI) استفاده شده است. این شاخص‌ها امکان سنجش عملکرد، مقایسه روند تغییرات در دوره‌های زمانی مختلف، شناسایی نقاط قوت و ضعف و ارائه راهکارهای مدیریتی مبتنی بر داده را فراهم می‌کنند.

مدل مفهومی این پژوهش بر این فرض بنا شده است که عملکرد عملیاتی مرز ریلی اینچه‌برون تابعی از مجموعه‌ای از عوامل مؤثر است؛ از جمله حجم جابه‌جایی کالا، ترکیب کالاهای حمل‌شده، وضعیت صادرات، واردات و ترانزیت، ظرفیت زیرساختی و شرایط بهره‌برداری. این رابطه را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$Performance=f(X1,X2,X3,\ldots,Xn)$$

که در آن Xi بیانگر متغیرهای عملیاتی و زیرساختی مؤثر بر عملکرد مرز است.

مدل مفهومی پژوهش بر این فرض استوار است که عملکرد عملیاتی مرز ریلی اینچه‌برون تابعی از مجموعه‌ای از عوامل مؤثر شامل حجم جابه‌جایی کالا، ترکیب کالاهای حمل‌شده، وضعیت صادرات، واردات و ترانزیت، ظرفیت زیرساختی، شرایط بهره‌برداری و سایر عوامل مؤثر بر فرآیند حمل‌ونقل است. بر این اساس، داده‌های عملکردی استخراج‌شده از آمار رسمی مرز در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ پس از پالایش، طبقه‌بندی و پردازش آماری، به شاخص‌های کلیدی عملکرد تبدیل شده و مبنای تحلیل قرار گرفته‌اند. مطابق شکل ۱، فرآیند ارزیابی در پنج مرحله پیوسته سازمان یافته است: گردآوری داده از منابع رسمی، پالایش و طبقه‌بندی داده، محاسبه شاخص‌های کلیدی عملکرد، تحلیل روند و تحلیل تطبیقی میان شاخص‌ها، و در نهایت جمع‌بندی و تدوین پیشنهادهای مدیریتی. خروجی این چارچوب، مبنایی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده در سطح سیاست‌گذاری حمل‌ونقل ریلی و کریدورهای بین‌المللی است.

در این پژوهش مطابق شکل ۱، ابتدا داده‌های آماری مرتبط از منابع معتبر گردآوری شد و پس از بررسی، پالایش و طبقه‌بندی، به‌منظور افزایش دقت تحلیل‌ها آماده‌سازی گردید. در ادامه، شاخص‌های عملکرد بر اساس داده‌های پردازش‌شده محاسبه و روند تغییرات آن‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. سپس، با انجام تحلیل تطبیقی میان شاخص‌ها، نقاط قوت و ضعف عملکرد مرز شناسایی و ارزیابی شد. در نهایت، با تکیه بر نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری و تطبیقی، جمع‌بندی جامعی از وضعیت عملکرد مرز ارائه و پیشنهادهای مدیریتی و اجرایی به‌منظور ارتقای کارایی، بهبود فرآیندها و افزایش اثربخشی عملکرد آن تدوین گردید.



شکل ۱. مدل مفهومی فرآیند ارزیابی عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون

۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی و تحلیلی است. واحد تحلیل، عملکرد سالانه مرز ریلی اینچه‌برون و افق زمانی مطالعه، یک دوره شامل سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ است. رویکرد پژوهش کمی و مبتنی بر داده‌های ثانویه بهره‌برداری است و ارزیابی عملکرد در چارچوب شاخص‌های کلیدی عملکرد انجام شده است. داده‌های مورد استفاده از آمار رسمی عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ استخراج شد (راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۵). داده‌های مورد استفاده از گزارش‌های رسمی عملکرد اداره کل راه‌آهن شمال‌شرق ۲ استخراج شده است. با توجه به اینکه مرز ریلی اینچه‌برون مهم‌ترین و اصلی‌ترین نقطه عملیاتی این اداره کل در بازه زمانی مورد مطالعه بوده، ارقام گزارش‌شده به‌عنوان نماینده عملکرد این مرز در نظر گرفته شده است.

جدول ۱. شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI)

عنوان شاخص (KPI)	واحد
حجم کل کالای جابه‌جاشده	تن
حجم بار صادراتی	تن
حجم بار وارداتی	تن
حجم بار ترانزیتی	تن
حاصل‌ضرب تناژ در مسافت حمل	تن-کیلومتر
نرخ رشد سالانه هر جریان حمل	درصد
سهم هر جریان از کل عملکرد مرز	درصد
ترکیب گروه‌های کالایی	درصد
تعداد واگن بارگیری‌شده	واگن

به‌کارگیری هم‌زمان این شاخص‌ها امکان می‌دهد علاوه بر حجم و ساختار مبادلات، روند رشد یا کاهش فعالیت‌های تجاری، تغییر در ترکیب کالاها و نقش نسبی هر یک از جریان‌های صادرات، واردات و ترانزیت در عملکرد کلی مرز ارزیابی شود. در نهایت، تحلیل یکپارچه این شاخص‌ها زمینه شناسایی ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها، فرصت‌های توسعه و چالش‌های موجود را فراهم کرده و مبنای علمی مناسبی برای ارائه راهکارهای مدیریتی و سیاست‌گذاری در راستای ارتقای عملکرد مرز و افزایش نقش آن در شبکه حمل‌ونقل و تجارت بین‌المللی فراهم می‌آورد.

مطابق جدول ٤ در مرحله تحلیل، از روش‌های آمار توصیفی شامل محاسبه فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار (SD) برای توصیف توزیع سالانه شاخص‌ها. نرخ رشد سالانه، و تحلیل روند و نرخ رشد مرکب سالانه استفاده شد. همچنین به‌منظور نمایش بهتر نتایج، داده‌ها در قالب جداول و نمودارهای آماری ارائه و تغییرات عملکرد در طول دوره مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. کلیه محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel ۲۰۱۶ انجام و نتایج در قالب جداول و نمودارهای آماری ارائه شد.

برای افزایش قابلیت اعتماد نتایج، مقادیر محاسبه‌شده هر شاخص با داده‌های اولیه تطبیق داده شد و کنترل نهایی بر خروجی‌ها انجام گرفت تا از صحت محاسبات و نبود خطای انتقال داده اطمینان حاصل شود. از آنجا که داده‌ها از آمار رسمی سازمان‌های داده‌های گردآوری‌شده از نظر صحت، کامل بودن و یکنواختی بررسی شدند و عملیات پالایش، حذف رکوردهای تکراری و کنترل خطاهای احتمالی ثبت بر آن‌ها اعمال شد. سپس داده‌ها در قالب یک بانک داده یکپارچه بر مبنای سال و نوع جریان حمل (صادرات، واردات، ترانزیت) طبقه‌بندی و برای تحلیل آماده گردید. به‌منظور ارزیابی عملکرد، مجموعه‌ای از شاخص‌های کلیدی عملکرد شامل حجم جابه‌جایی کالا، نرخ رشد سالانه، سهم هر گروه کالایی، روند صادرات، واردات و ترانزیت و سایر شاخص‌های مرتبط استخراج و محاسبه شد.

در جدول ۱ شاخص‌های مبنای تحلیل روند عملکرد مرز و مقایسه سال‌های مختلف قرار گرفتند، آمده است.

متولی استخراج شده‌اند، اعتبار محتوایی آن‌ها متکی بر منبع رسمی گردآوری است.

شکل ۲ چارچوب نظام مندی را ترسیم می‌کند که از مرحله تعریف اهداف آغاز شده و پس از کنترل و محاسبه شاخص‌ها، به ارائه نتایج و راهکارهای مدیریتی ختم می‌شود. این فرآیند مبنای علمی تحلیل در بخش نتایج و بحث را فراهم ساخته است.



شکل۲. مراحل اجرای پژوهش

در این فرآیند، ابتدا اهداف پژوهش مشخص و داده‌های عملکردی مرز گردآوری و پس از کنترل، پالایش و طبقه‌بندی می‌شوند. سپس با محاسبه شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) تحلیل‌های آماری و بررسی روندهای زمانی، وضعیت عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت، نتایج حاصل به‌منظور شناسایی نقاط قوت، چالش‌ها و ارائه راهکارهای بهبود و توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این چارچوب، مبنایی علمی برای تحلیل عملکرد مرز و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده فراهم می‌سازد.

٤- نتایج و بحث

پیش از ورود به تحلیل تفصیلی، سه یافته محوری این پژوهش قابل تصریح است. نخست، عملکرد پایانه ریلی اینچه‌برون طی دوره ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤ رشدی بیش از سه‌برابری را تجربه کرده که عمدتاً از محل گسترش کمی ناوگان تأمین شده است. دوم، ساختار عملیات پایانه بر سه محور تمرکز یافته است: غلبه بار صادراتی، تمرکز کالایی بر گندم و سیمان، و تمرکز جغرافیایی شدید بر یک مقصد واحد. سوم، ناوگان فعال به‌طور تعیین‌کننده به واگن‌های کشورهای مستقل همسود وابسته است. این یافته‌ها با فرض اولیه پژوهش مبنی بر جایگاه راهبردی اینچه‌برون در تجارت ریلی منطقه‌ای همسو است، اما در عین حال نشان می‌دهد که بخش قابل‌توجهی از ظرفیت بالقوه این مرز، به‌ویژه در حوزه ترانزیت، همچنان بلااستفاده مانده است.

٤-۱-بررسی روند کلی جابه‌جایی کالا

به‌منظور ارزیابی عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون، در نخستین گام روند تغییرات حجم جابه‌جایی کالا طی دوره زمانی ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤ مورد بررسی قرار گرفت. بررسی این شاخص، تصویری روشن از وضعیت عملکرد مرز، میزان بهره‌برداری از ظرفیت‌های موجود و روند توسعه فعالیت‌های حمل‌ونقل ریلی ارائه می‌دهد. داده‌های استخراج‌شده از آمار رسمی نشان می‌دهد حجم جابه‌جایی کالا در دوره مورد مطالعه دارای روندی یکنواخت نبوده و تحت تأثیر عوامل مختلف اقتصادی، تجاری، زیرساختی و عملیاتی دچار نوسان شده است. تغییرات شرایط اقتصادی کشور، محدودیت‌های بین‌المللی، تغییر الگوی تجارت خارجی، ظرفیت خطوط ریلی، میزان تقاضای حمل‌ونقل و سیاست‌های توسعه‌ای از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر این روند بوده‌اند.

همان‌گونه که در جداول(۲ تا ٤) مشاهده می‌شود، روند جابه‌جایی کالا در برخی سال‌ها با رشد قابل‌توجه و در برخی دوره‌ها با کاهش حجم عملیات همراه بوده است. این تغییرات بیانگر آن است که عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون افزون بر ظرفیت‌های داخلی، به‌شدت از شرایط محیطی و متغیرهای اقتصادی و تجاری تأثیر می‌پذیرد.

جدول ۲. روند حجم جابه‌جایی کالا در مرز ریلی اینچه‌برون طی سال‌های ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤

سال	تناژ (هزار تن)	رشد نسبت به سال قبل (درصد)
۱۳۹٦	۲۲٤/۵	□
۱۳۹۷	۲۹۷/۱	۳۲/۳٤
۱۳۹۸	۲۲۹/۲	−۲۲/۸۵
۱۳۹۹	۳۳۲/۹	٤۵/۲٤
۱٤۰۰	٤۳۸/۵	۳۱/۷۲
۱٤۰۱	۳۹۸/۳	−۹/۱۷
۱٤۰۲	٤۵٤/٦	۱٤/۱٤
۱٤۰۳	٦۸۷/۸	۵۱/۳۰
۱٤۰٤	٦۹۷/۸	۱/٤۵
متوسط حسابی رشد سالانه		۱۸/۰۲
نرخ رشد مرکب سالانه (□□□□)		۱۵/۲۳
رشد کل (۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤)		۲۱۰/۸۲

جدول ۳. بررسی شاخص تن کیلومتر مبدا، مقصد در مرز ریلی اینچه‌برون طی سال‌های ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤

سال	تن کیلومتر مبدا مقصد	رشد نسبت به سال قبل (درصد)
۱۳۹٦	۱۵٤,۰۷۱,۷۷٦	□
۱۳۹۷	۱۹۷,٤۵۹,۷۰۳	۲۸/۱٦
۱۳۹۸	۱۰۹,۳۳۱,۸٦۱	−٤٤/٦۳
۱۳۹۹	۱۰۱,۳۳۷,٦٦۸	−۷/۳۱
۱٤۰۰	۱۰۲,۸۹۰,۰۸۹	۱/۵۳
۱٤۰۱	۱۲۱,۹۹۲,۰٦۲	۱۸/۵۷
۱٤۰۲	۸۸,۸۳۸,٦۲٤	−۲۷/۱۸
۱٤۰۳	۲۷۵,۷۷۹,٤۲۰	۲۱۰/٤۳
۱٤۰٤	۱۹۲,۹٦٤,۵۹۱	−۳۰/۰۳
متوسط حسابی رشد سالانه		۱۸/٦۹ درصد
نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR)		۲/۸۵ درصد
رشد کل (۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤)		درصد+۲۵/۲٤
کمترین مقدار		۸۸٬۸۳۸٬٦۲٤ در سال ۱٤۰۲
بیشترین مقدار		۲۷۵٬۷۷۹٬٤۲۰ در سال ۱٤۰۳
میانگین دوره		۱٤۹٬٤۰۷٬۳۱۰
شدیدترین افت		سال ۱۳۹۸ با کاهش ٤٤/٦۳ درصد
شدیدترین رشد		سال ۱٤۰۳ با افزایش ۲۱۰/٤۳ درصد

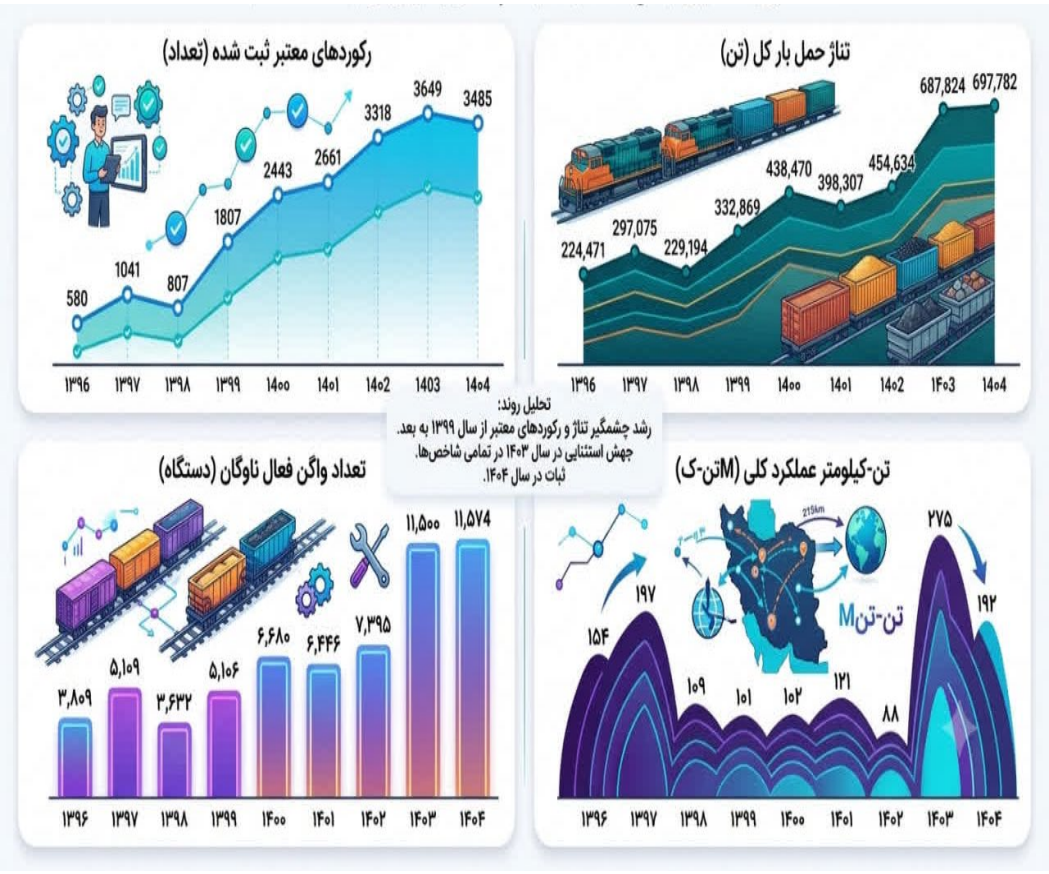
جدول٤. مرز ریلی اینچه برون- آمار توصیفی و انحراف معیار شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI)

الف) آمار توصیفی و نوسان پذیری شاخص تن‌کیلومتر مبدا–مقصد مرز ریلی اینچه برون		
ردیف	۱	۲
شاخص	تن‌کیلومتر مبدا–مقصد	نرخ رشد سالانه (٪)
میانگین	۱٤۹٬٤۰۷٬۳۱۰	۱۸/٦۹ درصد
انحراف معیار	٦۱٬۹٤٦٬۲۲۹	۸۱/۳٤ درصد
ضریب تغییرات	٤۱/۵۰ درصد	—

ب) آمار توصیفی شاخص های تفصیلی عملکرد حمل بار(تناژ، تن کیلومتر کل و میانگین مسافت)

ردیف	۱	۲	۳
شاخص	تن‌کیلومتر مبدا–مقصد	تناژ کل (تفصیلی)	میانگین مسافت حمل (کیلومتر)
میانگین	٤٤۸٬۲۲۱٬۹۳۷	۱٬۲۵۳٬۵٤۲	۳۹٤/۰
انحراف معیار	۱۸۵٬۸۳۸٬۷۹۰	۵۲۸٬٤۲۱	۱۸۰/۳
ضریب تغییرات	٤۱/۵۰ درصد	٤۲/۲۰درصد	٤۵/۸۰ درصد

به‌منظور نمایش بهتر روند تغییرات، داده‌های جدول ۲ به‌صورت نمودار در شکل ۳ ارائه شده است. این نمودار امکان مقایسه تغییرات سالانه و تشخیص دوره‌های رشد و افت عملکرد را فراهم می‌کند.



شکل۳. عملکرد حمل و نقل ریلی تناژ بار، تن کیلومتر،تعداد ثبت، و تعداد واگن (۱۳۹٦-۱٤۰٤)

بر اساس بررسی های انجام شده و مطابق شکل ٤ یافته‌های اولیه (مبتنی بر داده واقعی) به شرح ذیل استخراج گردید:

-تعداد رکوردهای ثبت‌شده بار از ۵۸۰ رکورد در سال ۱۳۹٦ به ۳،٤۸۵ رکورد در سال ۱٤۰٤ افزایش یافته است. این رشد شش‌برابری نه تنها بیانگر افزایش حجم عملیات است، بلکه نشان‌دهنده بهبود سیستم‌های ثبت و پایش اطلاعاتی نیز می‌باشد.

-تناژ کل بار جابه‌جا شده از ۲۲٤،٤۷۱ تن به ٦۹۷،۷۸۲ تن رسیده است که معادل رشد ۲۱۰ درصدی و بیش از سه برابر شدن ظرفیت عملیاتی در این بازه زمانی است. این افزایش قابل توجه، جایگاه اینچه‌برون را به‌عنوان یکی از گذرگاه‌های کلیدی حمل‌ونقل ریلی در منطقه تثبیت می‌کند.

-تعداد واگن‌های بارگیری شده از ۳،۸۰۹ دستگاه به ۱۱،۵۷٤ دستگاه افزایش یافته که نشان‌دهنده رشد ۲۰۳ درصدی و هماهنگی نسبی با افزایش تناژ است. این همگامی نشان می‌دهد توسعه ناوگان با رشد تقاضا همراستا بوده است.

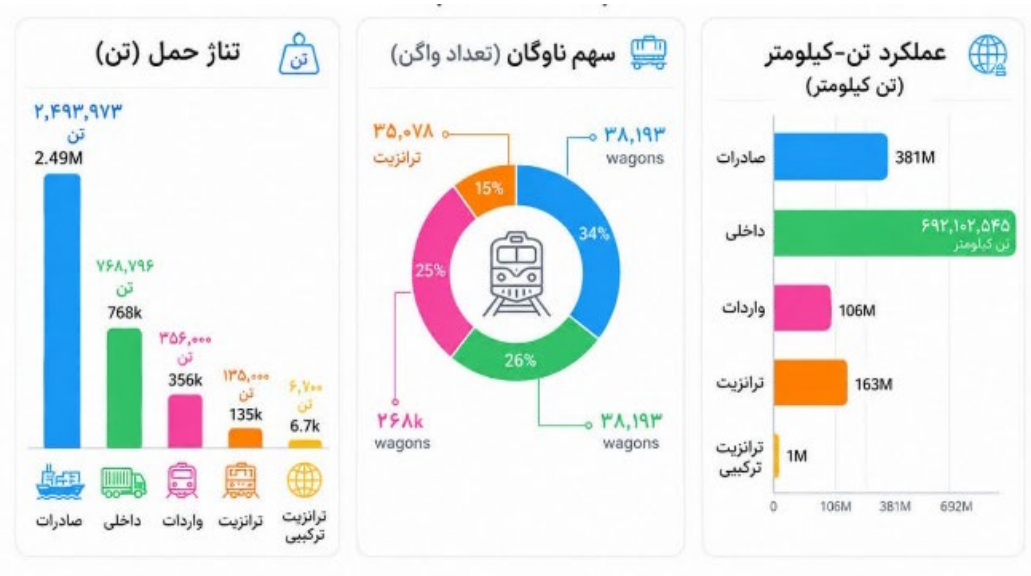
-شاخص تن‌کیلومتر الگوی متفاوتی را نشان می‌دهد. این شاخص در سال ۱٤۰۳ به بیش از ۲۷۵ میلیون تن‌کیلومتر جهش کرد، اما در سال ۱٤۰٤ به حدود ۱۹۲ میلیون کاهش یافت. این افت ۳۰ درصدی با وجود افزایش مطلق تناژ، احتمالاً ناشی از تغییر در ترکیب مقاصد و کاهش متوسط مسافت حمل است؛ به عبارت دیگر، بخش بیشتری از محموله‌ها به مقاصد نزدیک‌تر هدایت شده‌اند. این موضوع در تحلیل مقاصد جغرافیایی در بخش ٤،٤ تحلیل می‌شود.

رشد شش‌برابری رکوردها در برابر رشد سه‌برابری تناژ نشان می‌دهد که میانگین وزن هر رکورد کاهش یافته و پایانه به سمت جابه‌جایی محموله‌های کوچک‌تر و پرشمارتر حرکت کرده است؛ این الگو می‌تواند بازتاب گسترش پایگاه مشتریان یا خردتر شدن سفارش‌ها باشد که هر دو مستلزم چابکی بیشتر در فرآیندهای ثبت و تخصیص واگن است. همگرایی نزدیک نرخ رشد تناژ و ناوگان نیز دلالت مهمی دارد: افزایش ظرفیت عمدتاً از محل «افزودن واگن» و نه «ارتقای بهره‌وری بارگیری هر واگن» حاصل شده است، به این معنا که مدل رشد پایانه تاکنون سرمایه‌بر و کمی بوده تا بهره‌ورمحور .مقایسه این الگو با یافته‌های مطالعات پیشین در حوزه پایانه‌های مرزی (راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱٤۰۵). می‌تواند نشان دهد که آیا این وابستگی به رشد کمّی، ویژگی مشترک پایانه‌های نوظهور است یا خصیصه‌ای خاص اینچه‌برون.

بررسی روند تغییرات حجم جابه‌جایی کالا در مرز ریلی اینچه‌برون نشان می‌دهد که اگرچه عملکرد مرز در برخی سال‌ها با کاهش حجم جابه‌جایی مواجه شده است، اما روند کلی بیانگر وجود ظرفیت مناسب برای توسعه فعالیت‌های حمل‌ونقل ریلی است. بهره‌برداری مؤثر از این ظرفیت مستلزم توسعه زیرساخت‌های ریلی، افزایش بهره‌وری عملیاتی، بهبود فرآیندهای گمرکی و تقویت همکاری‌های منطقه‌ای در حوزه حمل‌ونقل بین‌المللی است. همچنین استمرار پایش شاخص‌های عملکردی می‌تواند زمینه تصمیم‌گیری دقیق‌تر و برنامه‌ریزی هدفمند برای ارتقای جایگاه مرز ریلی اینچه‌برون در کریدورهای بین‌المللی را فراهم سازد.

٤-۲-تحلیل ترکیب جریان‌های بار

مطابق شکل ٤ نتایج تجمیع داده‌های بهره‌برداری مرز ریلی اینچه‌برون طی سال‌های ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤ نشان می‌دهد که حمل صادراتی با جابه‌جایی ۲٬٤۹۳٬۹۷۳ تن کالا و ۳۸٬۱۹۳ واگن، سهم غالب عملیات این مرز (بیش از ٦٦ درصد از کل) را به خود اختصاص داده است. این موضوع بیانگر نقش محوری مرز اینچه‌برون در پشتیبانی از صادرات ریلی کشور به کشورهای همسایه و بازارهای آسیای میانه برجسته می‌کند.



شکل ٤. ترکیب جریان‌های بار به تفکیک نوع: توزیع تناژ و واگن (۱۳۹۶-۱٤۰٤)

حمل داخلی با وجود قرار گرفتن در رتبه‌ی دوم از نظر تناژ (۷٦۸٬۲۸۹ تن، معادل حدود ۲۰ درصد از کل)، با ثبت بیش از ٦۹۲ میلیون تن‌کیلومتر، بالاترین سهم را در شاخص تن‌کیلومتر کل پایانه به خود اختصاص داده است. این تفاوت چشمگیر ناشی از متوسط مسافت حمل به‌مراتب بالاتر در جریان داخلی (بیش از ۹۰۰ کیلومتر) نسبت به جریان صادراتی (که عمدتاً به مقصد نزدیک آق‌یلا متمرکز است) می‌باشد و نشان می‌دهد که اینچه‌برون، فراتر از کارکرد مرزی، به عنوان یکی از هابهای لجستیکی کلیدی توزیع و تجمیع بار در شبکه ریلی داخلی (به‌ویژه تأمین مراکز صنعتی عمق کشور نظیر اصفهان، یزد و بندرعباس) ایفای نقش می‌کند. از منظر کاربردی، این یافته دو دلالت عملیاتی برای برنامه‌ریزی شبکه دارد: اول، به دلیل سهم تعیین‌کننده‌ی تن‌کیلومتر داخلی در تراز عملیاتی پایانه، هرگونه تغییر در الگوی مقاصد داخلی، مستقیماً بر شاخص‌های بهره‌وری کل شبکه اثر می‌گذارد؛ به‌گونه‌ای که افت ۳۰ درصدی تن‌کیلومتر در سال ۱٤۰٤ (جدول ۳) علی‌رغم رشد تناژ، عمدتاً ناشی از کاهش میانگین مسافت حمل در همین جریان داخلی بوده است. دوم، این الگو نشان می‌دهد که مدیریت بهینه‌ی چرخش واگن در مسیرهای طولانی داخلی، تأثیرگذاری زیادی بر بهره‌وری نهایی پایانه دارد. بنابراین، راهکار عملیاتی ارتقای عملکرد، نباید صرفاً بر افزایش حجم تناژ متمرکز شود، بلکه باید بر کاهش زمان‌های توقف و افزایش سرعت گردش واگن در کریدورهای داخلی طولانی‌مسافت متمرکز گردد تا از افت بهره‌وری ناشی از تغییرات ناگهانی در ترکیب مقاصد جلوگیری شود. بار وارداتی با ۳۵٦٬۵۵٤ تن در جایگاه سوم قرار گرفت، در حالی که عملیات ترانزیت و ترانزیت ترکیبی در مجموع سهم نسبتاً اندکی از فعالیت پایانه (حدود ۳/۸ درصد) را به خود اختصاص دادند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که اگرچه اینچه‌برون از زیرساخت کافی برای ترانزیت بین‌المللی برخوردار است، اما عملکرد آن در دوره مورد بررسی عمدتاً بر صادرات و حمل داخلی استوار بوده است. این یافته یک واقعیت غیرمنتظره را آشکار می‌کند که ارزش تأمل دارد: رتبه‌بندی بر پایه تناژ و رتبه‌بندی بر پایه تن‌کیلومتر با یکدیگر همخوان نیستند .حمل داخلی که از حیث وزن دوم است، از حیث کار حمل‌ونقلی (تن‌کیلومتر) نخست می‌شود. این ناهمخوانی به‌ظاهر متناقض، در واقع ماهیت شبکه‌ای پایانه را عیان می‌سازد و هشدار می‌دهد که ارزیابی عملکرد صرفاً بر مبنای وزن، سهم واقعی حمل داخلی در بار شبکه ریلی را کم‌برآورد می‌کند. مقایسه این الگو با پژوهش‌های پیشین درباره پایانه‌های چندکارکردی(راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱٤۰۵). می‌تواند مشخص کند که آیا این دوگانگی نقش (مرزی و توزیعی) پدیده‌ای رایج در گره‌های ریلی مرزی است.

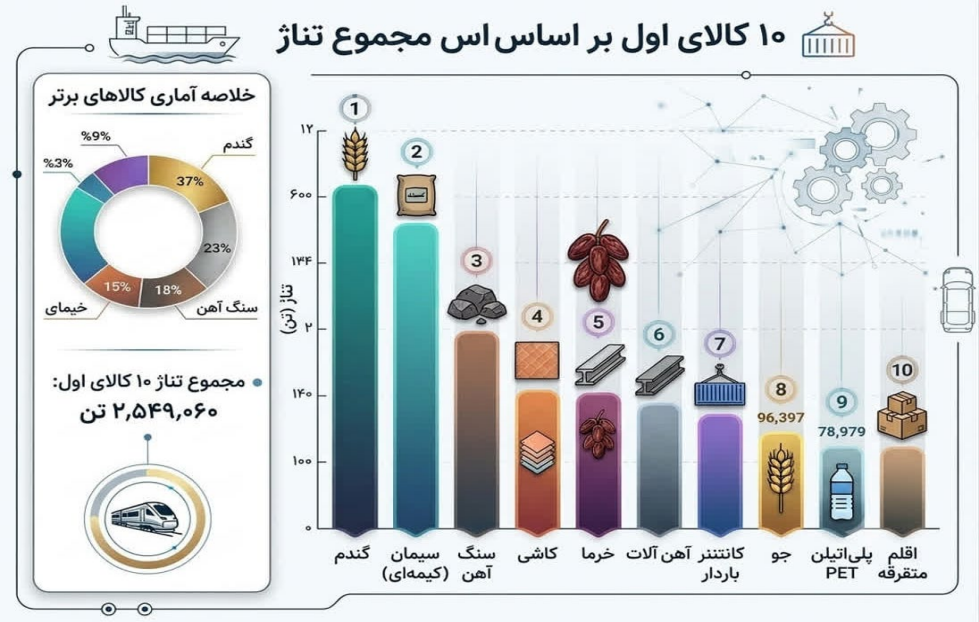
تحلیل عملیاتی پایانه سه دلالت مدیریتی برجسته ارائه می‌دهد. اتکای سنگین بر بار صادراتی که دوسوم کل عملیات را تشکیل می‌دهد، آسیب‌پذیری قابل توجهی در برابر نوسانات بازارهای خارجی، تغییرات سیاست‌های تجاری و تنش‌های منطقه‌ای ایجاد کرده و هرگونه اختلال در این بازارها مستقیماً توان عملیاتی و

جریان درآمدی پایانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از سوی دیگر، سهم بالای تن‌کیلومتر در حمل داخلی، اهمیت برنامه‌ریزی یکپارچه شبکه ریلی و مدیریت کارآمد گردش واگن در مسیرهای طولانی داخلی را نمایان می‌سازد، چرا که عملیات پایانه در دل سامانه‌های لجستیکی گسترده‌تری قرار دارد که بهینه‌سازی هماهنگ آن‌ها ضروری است. علاوه بر این، سهم محدود ترانزیت نشان می‌دهد که ظرفیت بالقوه قابل توجهی برای تبدیل اینچه‌برون به یک هاب ترانزیتی مهم منطقه‌ای بلااستفاده مانده است و سرمایه‌گذاری راهبردی در زیرساخت‌های تسهیل‌گر و چارچوب‌های مقرراتی می‌تواند منابع درآمدی را متنوع کرده و تاب‌آوری پایانه را تقویت کند.

٤-٣-ساختار کالایی و تنوع‌بخشی سبد بار

بررسی داده‌های بهره‌برداری و مطابق شکل ۵ مرز ریلی اینچه‌برون طی سال‌های ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤ نشان می‌دهد که ترکیب کالاهای حمل‌شده از تنوع مناسبی برخوردار است، با این حال چند قلم کالا سهم غالب عملیات را تشکیل می‌دهند.

در این دوره، گندم با مجموع ٦۹٤٬۱۳۷ تن و سیمان ساده با ٦۵۰٬٤۱۲ تن در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند. پس از آن، سنگ‌آهن، کاشی، خرما و آهن‌آلات مهم‌ترین اقلام حمل‌شده محسوب می‌شوند.



شکل۵. ده کالای برتر از نظر تناژ: تحلیل ترکیب‌بندی (۱۳۹٦-۱٤۰٤)

حضور همزمان کالاهای کشاورزی (گندم، خرما)، معدنی (سنگ‌آهن)، ساختمانی (سیمان، کاشی) و صنعتی (محصولات فولادی، پلی‌اتیلن) نشان می‌دهد که اینچه‌برون صرفاً به یک بخش کالایی خاص وابسته نیست و تنوع کارکردی در زنجیره‌های تأمین مختلف را به نمایش می‌گذارد.

تحلیل ساختار کالایی سه ملاحظه راهبردی درهم‌تنیده را آشکار می‌کند. نخست، غلبه گندم و سیمان بر ترکیب بار، پایانه را در معرض ریسک تمرکز کالایی قرار داده است، به‌گونه‌ای که هر تغییر در سطح تولید یا سیاست‌های تجاری ناظر بر این کالاهای فله می‌تواند عملکرد مرز را دچار نوسان کند؛ ازاین‌رو راهبردهای تنوع‌بخشی باید اولویت را بر جذب کالاهای صنعتی با ارزش افزوده بالا بگذارند تا وابستگی به بارهای فله با حاشیه سود پایین کاهش یابد. دوم، حضور محصولات فولادی، پلی‌اتیلن و کانتینرهای پر در سبد فعلی، گویای ظرفیت نهفته‌ای برای گسترش حمل کالاهای صنعتی پرارزش است که تحقق آن مستلزم سرمایه‌گذاری زیرساختی هدفمند و راهبردهای بازاریابی فعال است. سوم، اگرچه تنوع موجود در بخش‌های کشاورزی، معدنی و صنعتی ریسک وابستگی به تک‌محصول را تا حدی تعدیل کرده است، ارتقای واقعی تاب‌آوری اقتصادی پایانه و

افزایش درآمد به‌ازای هر تن بار در گرو افزایش سهم کالاهای کانتینری و فرآوری‌شده در ترکیب کلی حمل است.

از منظر مقایسه‌ای، سطح تمرکز کالایی اینچه‌برون (نزدیک به ۳۶ درصد در دو قلم) را می‌توان در برابر شاخص‌های تمرکز گزارش‌شده برای پایانه‌های ریلی مشابه (راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۵). سنجید تا مشخص شود این میزان تمرکز در چه جایگاهی از طیف «تخصص‌گرا تا متنوع» قرار می‌گیرد.

٤-٤-تحلیل بازارهای مقصد و وابستگی جغرافیایی

بررسی داده‌های بهره‌برداری مرز ریلی اینچه‌برون طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ شکل ٦ نشان می‌دهد که آق‌یلا–ترکمنستان با ۲٬۴۷۷٬۸۸۰ تن، حدود ۹۹ درصد از ترافیک صادراتی را به خود اختصاص داده است که نقش محوری اینچه‌برون را در تجارت ریلی دوجانبه ایران و ترکمنستان تأیید می‌کند.



شکل٦. ده مقصد برتر از نظر تناژ کل (۱۳۹٦-۱٤۰٤)

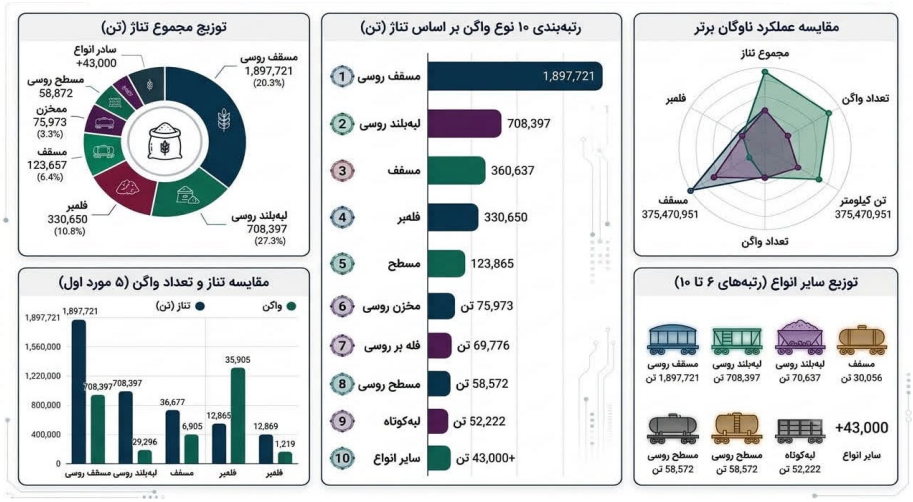
پس از آن، مقاصدی مانند اصفهان، یزد، گرگان، رباط‌کریم، بندرعباس، کردان، آپرین و کرمان قرار دارند که عمدتاً از مراکز مهم صنعتی، لجستیکی و توزیع کشور محسوب می‌شوند. این الگو نشان می‌دهد مرز اینچه‌برون علاوه بر ایفای نقش در تجارت خارجی، ارتباط مؤثری با شبکه لجستیکی داخلی نیز دارد. تحلیل مقاصد نکات مهمی را برجسته می‌سازد که هر یک بعدی از آسیب‌پذیری و فرصت را آشکار می‌کند. نخست آنکه سهم نامتناسب ترافیک در محور آق‌یلا–ترکمنستان، درحالی که نشانگر یک مزیت راهبردی و کریدور تجاری دوجانبه پایدار با زیرساخت‌های ایجادشده است، به مثابه آسیب‌پذیری جدی نیز عمل می‌کند. اتکای بیش از حد به این مسیر، پایانه را در معرض ریسک‌های ناشی از تنش‌های سیاسی دوجانبه، اختلالات مرزی یا تغییرات در سیاست‌های وارداتی ترکمنستان قرار می‌دهد و این تمرکز شدید بر یک مقصد واحد (بیش از ۹۹ درصد از کل صادرات)، کلید تفسیر کاهش محسوس تن‌کیلومتر در سال ۱۴۰۴ را در دست دارد. بر اساس داده‌های جدول ۳، شاخص تن‌کیلومتر از اوج ۲۷۵/۷ میلیون واحد در سال ۱۴۰۳ به ۱۹۲/۹ میلیون واحد در سال ۱۴۰۴ کاهش یافته که معادل افت ۳۰/۰۳ درصدی است. اما نسبت دادن این افت به شکست عملیاتی (مانند کاهش سرعت تخلیه، کمبود واگن یا ناکارآمدی گمرک) با داده‌های موجود دیگر در تناقض است.

چراکه مطابق جدول ۲ ، حجم کل تناژ در همین بازه، از ٦٨٧/٨ هزار تن در سال ۱۴۰۳ به ٦٩٧/٨ هزار تن در سال ۱۴۰۴ افزایش یافته است (رشد ۱/٤٥ درصدی). این ناهم‌سویی میان رشد مثبت تناژ و افت شدید تن‌کیلومتر، آشکار نشان آشکار نشان میدهد که میانگین مسافت حمل مؤثر در سال ۱۴۰۴ به‌شدت کاهش یافته است. محاسبه‌ی ساده مشخص میسازد که میانگین مسافت هر تن بار در سال ۱۴۰۳ حدود ٤۰۱ کیلومتر بوده است ، در حالی که این میزان در سال ۱۴۰۴ به حدود ۲۷٦ کیلومتر سقوط کرده است. این کاهش ۱۲۵ کیلومتری در میانگین مسافت، ریشه در تغییر ترکیب مسیر دارد و نه کاهش ظرفیت عملیاتی. افت تن‌کیلومتر در این شرایط یک هشدار استراتژیک در مورد

شکنندگی تنوع بازارهای هدف است؛ به‌این‌معنا که راهبرد جبران این افت، توسل به راهکارهای سنتی مانند افزایش ناوگان یا تسریع تشریفات گمرکی نخواهد بود، بلکه منحصراً از مسیر تنوع‌بخشی به مقاصد صادراتی و افزایش سهم کریدورهای بلندبرد همچون آسیای میانه و قفقاز می‌گذرد. در همین حال، برجستگی مراکز صنعتی داخلی مانند اصفهان، یزد، گرگان، رباط‌کریم، بندرعباس و دیگر قطب‌های لجستیکی، گواه یکپارچگی مؤثر بین عملیات فرامرزی و شبکه‌های توزیع داخلی است که امکان تجمیع و توزیع کارآمد بار را در سراسر سیستم ریلی ایران فراهم می‌آورد. سرانجام برای افزایش تاب‌آوری عملیاتی، تلاش‌های راهبردی باید بر گسترش پیوندها با سایر بازارهای آسیای مرکزی ازجمله قزاقستان، ازبکستان، قرقیزستان و تاجیکستان متمرکز شود؛ زیرا توسعه مسیرهای جایگزین از طریق چارچوب‌های همکاری منطقه‌ای، وابستگی به تک‌کریدور را کاهش داده و پایداری پایانه را تقویت خواهد کرد.

٤-٥-ترکیب ناوگان و بهره‌برداری از آن

بررسی ترکیب ناوگان مورد استفاده در مرز ریلی اینچه‌برون طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ در شکل ۷ نشان می‌دهد که واگن‌های مسقف روسی بر عملیات بار غالب هستند و با جابه‌جایی حدود ۱/۹ میلیون تن در نزدیک به ۲۹ هزار حرکت واگن، بیش از ۵۰ درصد کل ناوگان فعال را تشکیل می‌دهند. پس از آن، واگن‌های لبه‌بلند روسی، مسقف و فله‌بر بیشترین سهم را در عملیات حمل داشته‌اند.

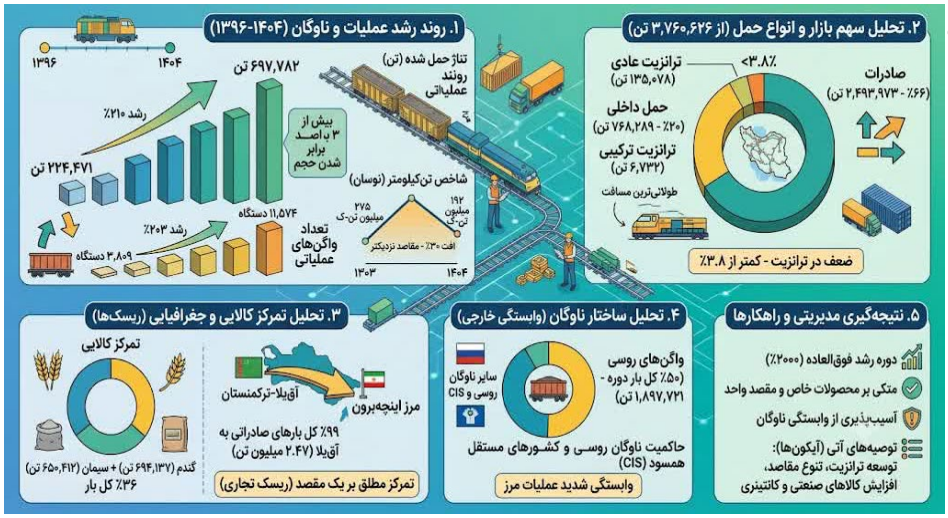


شکل۷. ترکیب ناوگان به تفکیک نوع واگن و اثر آن بر تناژ کل (۱۳۹۶-۱۴۰۴)

غلبه واگن‌های روسی در ناوگان مورد استفاده نشان‌دهنده نقش پررنگ تبادلات بین‌المللی با کشورهای منطقه CIS و دارای شبکه ریلی با عرض خط مشابه و نیز اهمیت حمل کالاهای صادراتی و وارداتی در این مرز است. همچنین سهم قابل توجه واگن‌های فله‌بر بیانگر جایگاه کالاهای فله‌ای در ترکیب بارهای جابه‌جا شده است. تحلیل مدیریت ناوگان سه بینش حیاتی را آشکار می‌سازد که تصویر دقیق‌تری از ریسک‌ها و ظرفیت‌های عملیاتی ترسیم می‌کنند. استمرار عملیاتی پایانه به‌شدت وابسته به دسترسی به واگن‌های مبدأ CIS و هماهنگی با آن‌هاست؛ این وابستگی ناوگانی ریسک‌های عملیاتی مرتبط با هماهنگی‌های مرزی، در دسترس بودن تجهیزات و چالش‌های قابلیت تعامل فنی ایجاد می‌کند که مدیریت آن برای تداوم حمل‌ونقل ضروری است. در عین حال، ترکیب متنوع واگن‌های مسقف، لبه‌کوتاه، مسطح و مخزن‌دار انعطاف‌پذیری عملیاتی قابل‌توجهی را نشان می‌دهد؛ بنابراین حفظ یک ترکیب متوازن از ناوگان برای پاسخگویی به نیازهای کالایی متنوع و اطمینان از تأمین کافی در دوره‌های اوج تقاضا اهمیت استراتژیک دارد. همچنین سهم محدود واگن‌های مخصوص حمل کانتینر نشان‌دهنده بخشی است که کمتر مورد بهره‌برداری قرار گرفته و پتانسیل رشد بالایی دارد؛ از این رو سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های تخلیه و بارگیری کانتینر و تأمین ناوگان تخصصی، مسیری حیاتی برای ارتقای عملکرد و جذب بار با ارزش افزوده بالاست که می‌تواند تنوع خدمات و درآمدزایی پایانه را تقویت کند.

٤-٦- تحلیل یکپارچه یافته‌ها

بررسی یکپارچه یافته‌ها بر پایه داده‌های شکل ۸ نشان می‌دهد که پایانه مرزی اینچه‌برون در بازه ۱۳۹٦ تا ۱٤۰٤ مسیر رشدی پرشتاب را طی کرده است. تناژ جابه‌جاشده از ۲۲٤٬٤۷۱ تن در سال ۱۳۹٦ به ٦۹۷٬۷۸۲ تن در سال ۱٤۰٤ رسیده که معادل رشدی نزدیک به ۲۱۰ درصد و بیش از سه برابر شدن حجم بار در یک دوره نه ساله است. توسعه ناوگان عملیاتی نیز با همین آهنگ پیش رفته و تعداد واگن‌های بارگیری شده از ۳٬۸۰۹ دستگاه به ۱۱٬۵۷٤ دستگاه افزایش یافته است که رشدی حدود ۲۰۳ درصدی را نشان می‌دهد. همگرایی نزدیک این دو نرخ رشد گویای آن است که افزایش ظرفیت جابه‌جایی عمدتاً از محل گسترش کمی ناوگان تأمین شده و بهبود چشمگیری در بارگیری متوسط هر واگن رخ نداده است. در مقابل، شاخص تن‌کیلومتر الگویی ناهمگون دارد؛ این شاخص در سال ۱٤۰۳ با ثبت بیش از ۲۷۵ میلیون تن‌کیلومتر به اوج خود رسید، اما در سال ۱٤۰٤ به حدود ۱۹۲ میلیون تن‌کیلومتر کاهش یافت که افتی نزدیک به ۳۰ درصد را نشان می‌دهد. تداوم رشد تناژ همراه با کاهش تن‌کیلومتر در همان سال به این معناست که میانگین مسافت حمل کوتاه‌تر شده و سهم بیشتری از بار به مقاصد نزدیک‌تر ارسال گردیده است، پدیده‌ای که مستقیماً بر درآمد عملیاتی به‌ازای هر تن و بر بهره‌وری اقتصادی ناوگان اثر می‌گذارد.



شکل۸. اینفو گرافیک تحلیلی جامع عملکرد مرز ریلی اینچه برون (۱۳۹٦-۱٤۰٤)

تحلیل ترکیب انواع حمل از مجموع ۳٬۷٦۰٬٦۲٦ تن بار جابه‌جاشده در این دوره، تسلط روشن بخش صادرات را آشکار می‌سازد. صادرات با ۲٬٤۹۳٬۹۷۳ تن حدود ٦٦ درصد از کل عملیات پایانه را در اختیار دارد و بنابراین کارکرد اصلی این مرز، خروج کالای ایرانی به سمت شبکه ریلی آسیای میانه است.

حمل داخلی با ۷٦۸٬۸۹ هزار تن، به بیان دقیق ۷٦۸٬۲۸۹ تن، حدود ۲۰ درصد از حجم را تشکیل می‌دهد، اما با ثبت بیش از ٦۹۲ میلیون تن‌کیلومتر بالاترین مسافت حمل را میان تمام انواع عملیات به ثبت رسانده است. این تفاوت معنادار میان سهم وزنی و سهم تن‌کیلومتری نشان می‌دهد که بارهای داخلی به عمق شبکه ریلی کشور نفوذ می‌کنند و از این حیث ارزش شبکه‌ای بالاتری نسبت به سهم وزنی خود ایجاد می‌نمایند. در سوی دیگر، ترانزیت با ۱۳۵٬۰۷۸ تن و ترانزیت ترکیبی با ٦٬۷۳۲ تن در مجموع کمتر از ۳/۸ درصد حجم عملیات را در اختیار دارند. این سهم اندک، با توجه به موقعیت اینچه‌برون بر کریدور شمال جنوب و دسترسی آن به بازارهای آسیای میانه، فاصله میان ظرفیت بالقوه و عملکرد بالفعل پایانه را نمایان می‌کند و نشان می‌دهد که این مرز تا کنون به یک شاهراه ترانزیتی فعال تبدیل نشده است.

از منظر ساختار کالایی و جغرافیایی، دو الگوی تمرکز قابل توجه شناسایی می‌شود که هر دو ماهیت ریسک‌آفرین دارند. نخست تمرکز کالایی، به این معنا که گندم با ٦۹٤٬۱۳۷ تن و سیمان ساده با ٦۵۰٬٤۱۲ تن در مجموع نزدیک به ۳٦ درصد کل بار نه سال گذشته را تشکیل می‌دهند؛ بنابراین هر تغییری در سیاست‌های تولید، قیمت‌گذاری یا مجوزهای صادراتی این دو قلم کالا به‌سرعت به نوسان در عملکرد پایانه ترجمه می‌شود. دوم تمرکز

جغرافیایی، که شدت بیشتری دارد؛ مقصد آق‌یلا در ترکمنستان با جذب ۲٬۴۷۷٬۸۸۰ تن کالا به تنهایی بیش از ۹۹ درصد کل بار صادراتی این مرز را به خود اختصاص داده است. چنین وابستگی تک‌محوری به یک بازار مقصد، عملکرد پایانه را در برابر تغییرات تعرفه‌ای، محدودیت‌های ظرفیتی طرف مقابل و تحولات سیاست تجاری همسایه آسیب‌پذیر می‌سازد. تنوع‌بخشی به سبد کالایی از یک سو و گسترش مقاصد به سمت ازبکستان، قزاقستان و افغانستان از سوی دیگر، دو راهبرد مکمل برای کاهش این آسیب‌پذیری به شمار می‌آیند.

سرانجام، تحلیل ساختار ناوگان بُعد چهارمی از وابستگی را روشن می‌کند. واگن‌های مسقف روسی با حمل ۱٬۸۹۷٬۷۲۱ تن کالا به تنهایی بیش از ۵۰ درصد بار کل دوره را جابه‌جا کرده‌اند و با افزودن سایر انواع ناوگان روسی شامل واگن‌های لبه‌بلند، مخزن‌دار و فله‌بر، این سهم به مراتب بالاتر می‌رود. بر این اساس، استمرار عملیات پایانه اینچه‌برون به شکل تعیین‌کننده‌ای به در دسترس بودن ناوگان کشورهای مستقل همسود وابسته است و هر اختلال در تأمین، گردش یا بازگشت این واگن‌ها می‌تواند به توقف عملی بخش عمده‌ای از ظرفیت حمل منتهی شود.

مجموع این چهار الگو، یعنی رشد کمی مبتنی بر گسترش ناوگان، کوتاه شدن میانگین مسافت حمل، تمرکز همزمان کالایی و جغرافیایی، و وابستگی ناوگانی به طرف خارجی، نشان می‌دهد که ارتقای پایدار عملکرد این مرز بیش از افزایش حجم، به تقویت زیرساخت‌های تخلیه و بارگیری، توسعه ناوگان ملی و فعال‌سازی ظرفیت ترانزیتی نیازمند است.

۵- نتیجه‌گیری

حمل‌ونقل ریلی یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه پایدار و افزایش رقابت‌پذیری در زنجیره‌های تأمین بین‌المللی محسوب می‌شود و مرزهای ریلی، به‌عنوان نقاط اتصال شبکه‌های حمل‌ونقل کشورها، نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه تجارت و ترانزیت کالا ایفا می‌کنند. در این پژوهش، عملکرد مرز ریلی اینچه‌برون با بهره‌گیری از شاخص‌های کلیدی عملکرد و بر اساس داده‌های عملکردی دوره ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش در چهار محور قابل تصریح است. نخست، پایانه اینچه‌برون در دوره مورد بررسی رشدی کمّی و پرشتاب را تجربه کرده است؛ تناژ جابه‌جاشده از ۲۲۴٬۴۷۱ تن به ۶۹۷٬۷۸۲ تن رسیده که معادل رشد۲۱۰ درصدی است، اما تعداد واگن‌های بارگیری شده نیز در همین بازه از ۳٬۸۰۹ به ۱۱٬۵۷۴ دستگاه و با نرخ رشد ۲۰۳ درصدی افزایش یافته است. همگرایی نزدیک این دو نرخ نشان می‌دهد که افزایش ظرفیت عمدتاً از محل گسترش کمّی ناوگان تأمین شده و بارگیری متوسط هر واگن بهبود معناداری نداشته است؛ به بیان دیگر مدل رشد پایانه تاکنون سرمایه‌بر بوده تا بهره‌ورمحور. دوم، شاخص تن‌کیلومتر الگویی ناهمگون با تناژ دارد و از بیش از ۲۷۵ میلیون تن‌کیلومتر در سال ۱۴۰۳ به حدود ۱۹۲ میلیون تن‌کیلومتر در سال ۱۴۰۴ کاهش یافته است. تداوم رشد تناژ همراه با افت۳۰ درصدی تن‌کیلومتر بیانگر کوتاه‌شدن میانگین مسافت حمل است که مستقیماً بر درآمد عملیاتی به‌ازای هر تن اثر می‌گذارد. سوم، ساختار عملیات پایانه با تمرکز دوگانه کالایی و جغرافیایی مواجه است؛ گندم و سیمان ساده در مجموع نزدیک به ۳۶ درصد کل بار دوره را می‌سازند و مقصد آق‌یلا در ترکمنستان بیش از ۹۹ درصد بار صادراتی را جذب کرده است. چهارم، سهم ترانزیت و ترانزیت ترکیبی در مجموع کمتر از ۳/۸ درصد حجم عملیات است، در حالی که واگن‌های مسقف روسی بیش از ۵۰ درصد بار کل دوره را جابه‌جا کرده‌اند. این دو یافته در کنار یکدیگر نشان می‌دهد که ظرفیت ترانزیتی پایانه فعال نشده و استمرار عملیات آن به در دسترس بودن ناوگان کشورهای مستقل همسود وابسته است.

بر این اساس، پاسخ به پرسش اصلی پژوهش چنین است: مرز ریلی اینچه‌برون در بازه ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۴ دوره‌ای از رشد کمّی موفق با نرخ ۲۱۰ درصد را طی کرده، اما شاکله این موفقیت بر سه‌گانه «صادرات سیمان و گندم، به مقصد واحد آق‌یلا، با ناوگان روسی» استوار است. هر سه ضلع این مثلث، وابستگی تک‌محوری ایجاد می‌کند و پایداری رشد را در برابر شوک‌های بیرونی آسیب‌پذیر می‌سازد. پایدارسازی این روند در گرو توسعه زیرساخت‌های ترانزیتی، تنوع‌بخشی به مقاصد صادراتی و افزایش سهم کالاهای با ارزش‌افزوده بالا از جمله بارهای کانتینری و صنعتی است.

دستاورد روش‌شناختی این پژوهش، ارائه چارچوبی عملیاتی مبتنی بر شاخص‌های کلیدی عملکرد برای ارزیابی مستمر مرزهای ریلی است. این چارچوب افزون بر پایش وضعیت موجود، امکان تفکیک رشد کمّی از ارتقای بهره‌وری را فراهم می‌کند؛ تفکیکی که در ارزیابی‌های متعارف مبتنی بر تناژ نادیده

می‌ماند و مقایسه آن با رویکردهای ارزیابی عملکرد در مطالعات پیشین می‌تواند جایگاه نسبی این چارچوب را روشن‌تر سازد.

پیشنهادهای کاربردی

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های کلیدی عملکرد و ارزیابی وضعیت موجود مرز ریلی اینچه‌برون، مجموعه‌ای از راهکارهای اجرایی و مدیریتی به‌منظور ارتقای بهره‌وری، افزایش ظرفیت عملیاتی و تقویت نقش این مرز در شبکه حمل‌ونقل منطقه‌ای پیشنهاد می‌شود.

در سطح مدیریت پایانه، توسعه و بهسازی زیرساخت‌های ریلی شامل افزایش ظرفیت خطوط، ارتقای تجهیزات ایستگاهی و بهبود امکانات تخلیه و بارگیری، الزام اساسی پاسخگویی به رشد تقاضا است. با توجه به سهم بیش از ۵۰ درصدی واگن‌های روسی در ناوگان فعال، تأمین ناوگان ملی و به‌ویژه توسعه واگن‌های کانتینری و زیرساخت‌های تخلیه و بارگیری کانتینر، اولویت سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود؛ این اقدام همزمان وابستگی ناوگانی را کاهش داده و ورود بار با ارزش‌افزوده بالا را تسهیل می‌کند. افزون بر آن، اصلاح فرآیندهای عملیاتی و کاهش زمان توقف واگن‌ها، سرعت گردش کالا و رقابت‌پذیری مرز را ارتقا می‌دهد.

همچنین، استقرار نظام پایش مستمر عملکرد مبتنی بر شاخص‌های کلیدی عملکرد می‌تواند با فراهم‌کردن امکان ارزیابی دوره‌ای وضعیت بهره‌برداری، زمینه تصمیم‌گیری دقیق‌تر و مبتنی بر داده را برای مدیران فراهم سازد. توسعه سامانه‌های هوشمند اطلاعاتی و ایجاد یکپارچگی در تبادل داده میان راه‌آهن، گمرک، سازمان‌های مرتبط و فعالان زنجیره حمل‌ونقل، نقش مهمی در کاهش گلوگاه‌های اجرایی و افزایش هماهنگی میان دستگاه‌ها خواهد داشت.

در سطح سیاست‌گذاری تجاری و کریدوری، شکاف میان ظرفیت بالقوه ترانزیت و سهم بالفعل کمتر از ۳/۸ درصدی آن، بازنگری در فرآیندهای گمرکی و طراحی مشوق‌های ترانزیتی هدفمند را ضروری می‌سازد. همچنین وابستگی بیش از ۹۹ درصدی بار صادراتی به یک مقصد واحد ایجاب می‌کند که توسعه توافق‌نامه‌های دوجانبه با دیگر کشورهای آسیای مرکزی از جمله قزاقستان، ازبکستان، قرقیزستان و تاجیکستان در دستور کار قرار گیرد. در همین راستا، تنوع‌بخشی به سبد کالاهای قابل حمل، شناسایی بازارهای جدید و جذب بارهای پایدار، توجیه اقتصادی و بهره‌وری مرز را تقویت خواهد کرد.

در سطح برنامه‌ریزی شبکه‌ای، سهم بالای تن‌کیلومتر در حمل داخلی ناشی از حمل بارهای ساختمانی سنگین است. با توجه به افت ناگهانی تن‌کیلومتر در سال ۱۴۰۴، بررسی دقیق‌تر مدل‌های تقاضا و شناسایی عوامل اثرگذار بر تغییر میانگین مسافت حمل، برای مدیریت کلان شبکه ریلی ضروری است.

در نهایت، استفاده نظام‌مند از نتایج تحلیل شاخص‌های عملکردی در فرآیند برنامه‌ریزی توسعه، اولویت‌بندی پروژه‌ها و تخصیص منابع سرمایه‌گذاری، موجب خواهد شد تصمیمات مدیریتی بر پایه شواهد علمی اتخاذ شده و مسیر توسعه پایدار مرز ریلی اینچه‌برون با اثربخشی بیشتری دنبال شود.

پیشنهاد برای تحقیقات آینده

با توجه به محدودیت‌های پژوهش حاضر، انجام مطالعات زیر برای تکمیل نتایج پیشنهاد می‌شود:

ارزیابی عملکرد سایر مرزهای ریلی کشور و مقایسه آن‌ها با مرز ریلی اینچه‌برون.

توسعه مدل‌های پیش‌بینی حجم جابه‌جایی کالا با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی.

بررسی تأثیر توسعه کریدورهای بین‌المللی بر عملکرد مرزهای ریلی ایران.

تحلیل اقتصادی سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های مرز ریلی اینچه‌برون با استفاده از شاخص‌های هزینه–فایده.

طراحی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی پروژه‌های توسعه‌ای مرزهای ریلی.

بررسی اثر دیجیتالی‌سازی و سامانه‌های هوشمند بر افزایش بهره‌وری و کاهش زمان عملیات مرزی.

ارزیابی نقش مرز ریلی اینچه‌برون در افزایش تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین و توسعه تجارت منطقه‌ای در چارچوب کریدورهای بین‌المللی.

۶- بیانیه استفاده از ابزار هوش مصنوعی

در فرایند آماده‌سازی این مقاله از ابزار هوش مصنوعی ChatGPT (نسخه GPT-4) به منظور اصلاح و روان‌سازی نگارش متن، بازآرایی ساختار برخی پاراگراف‌ها، و بهبود نحوه ارائه بصری شکل‌ها بر اساس داده‌ها و نتایج تولیدشده توسط نویسندگان استفاده شد. پس از بکارگیری از این ابزار، نویسندگان محتوای تولیدشده را بررسی و در صورت نیاز اصلاح نمودند.

۷- مراجع

-احدی، حمیدرضا، و ساقیان، زهرا (۱۳۹٤). ارزیابی کارآیی و رتبه‌بندی نواحی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. *فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل*، ۷(۲)، ۳٦۷–۳۷۲.

-استادی جعفری، مهدی (۱٤۰۲). نگاهی به روند طرح‌های جامع بنادر کشور: نقاط قوت و ضعف و راهکارهای ارتقای مطالعات جامع آتی. *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*.

-پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی (۱٤۰٤). گزارش‌های پژوهشی (۱۳۹٦–۱٤۰٤). وزارت راه و شهرسازی.

-ثنایی ایلخچی، علی، عبدالملکی، مهدی، و نظری، سبحان. (۱٤۰۱). شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد حمل بار ریلی با استفاده از روش‌های تحلیل داده و داده‌کاوی؛ مطالعه موردی: راه‌آهن ایران. *نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*، تهران، ایران.

-دهقانی فیروزآبادی، سید جلال، عرب‌پور، امیر حسین، و توکلی، رضا (۱٤۰۳). جایگاه دیپلماسی اقتصادی در بهبود تصویر ملی و ارتقای قدرت نرم چین (رهیافت‌هایی برای جمهوری اسلامی ایران). *مجلس و راهبرد*، ۳۱(۱۲۰)، ۱۰۹–۱٤۲.

-راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران (۱٤۰٤). آمارنامه حمل‌ونقل ریلی و گزارش عملکرد سالانه (۱۳۹٦–۱٤۰٤). راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران.

-راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران (۱٤۰۵). داده‌های عملیاتی حمل بار پایانه ریلی اینچه‌برون.

-سازمان برنامه و بودجه کشور (۱٤۰٤). سند آمایش سرزمین و توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل (۱۳۹٦–۱٤۰٤). سازمان برنامه و بودجه کشور.

-سازمان بنادر و دریانوردی. (۱٤۰٤). گزارش‌های سالانه عملکرد ترانزیت و حمل‌ونقل ترکیبی (۱۳۹٦-۱٤۰٤). سازمان بنادر و دریانوردی.

-سازمان توسعه تجارت ایران. (۱٤۰٤). گزارش‌های توسعه کریدورهای ترانزیتی و تجارت خارجی (۱۳۹٦-۱٤۰٤). سازمان توسعه تجارت ایران.

-گمرک جمهوری اسلامی ایران. (۱٤۰۱). گزارش‌های آماری واردات و صادرات از مرزهای ریلی. *گمرک جمهوری اسلامی ایران*.

-مرکز آمار ایران. (۱٤۰٤). سالنامه‌های آماری کشور (بخش حمل‌ونقل و ارتباطات، ۱۳۹٦-۱٤۰٤). *مرکز آمار ایران*.

-مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. (۱٤۰٤). بررسی چالش‌ها و راهکارهای توسعه حمل‌ونقل ریلی کشور (۱۳۹٦-۱٤۰٤). *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*.

-نورعلی، حسن.، و احمدی، سید عباس. (۱٤۰۱). واکاوی نقش ژئوپلیتیکی ایران در کریدورهای بین‌المللی و ارائه مدل. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵٤(۳)، ۱۱٦۱–۱۱۸۷.

-وزارت راه و شهرسازی. (۱٤۰٤). گزارش عملکرد بخش حمل‌ونقل و ترانزیت کشور (۱۳۹٦-۱٤۰٤). وزارت راه و شهرسازی.

-Asian Development Bank. (2022). Railway development in Central Asia. *Asian Development Bank.*

-Emunds, T., & Nießen, N. (2025). A queueing-based approach for timetable-independent railway station performance analysis. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 36, Article 100539.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100539

-Khaksar, H. (2025). A model for determining railway network capacity (Case study: Iran network). *International Journal of Transportation Engineering,* 13(1), 2067–2079.

-Luangboriboon, N., Samà, M., D'Ariano, A., & Fujiyama, T. (2025). Assessment of passenger management strategies within major railway terminals. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 36, Article 100540.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100540

-Organisation for Economic Co-operation and Development. (2022). Rail transport policies. *OECD Publishing.*

-Rodrigue, J.-P. (2024). The geography of transport systems (6th ed.). *Routledge.*

-Trivella, A., Balha, A., & Guericke, D. (2025). Designing an optimized fueling infrastructure for a hydrogen railway system. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 35, Article 100524.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100524

-United Nations Economic Commission for Europe. (2023). Trans-European Railway (TER) project. *UNECE.*

-van der Knaap, R. J., van Oort, N., & Goverde, R. M. (2025). Multi-period railway timetabling to serve time-dependent demand. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 35, Article 100536.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100536

-World Bank. (2021). Logistics Performance Index (LPI) report. *World Bank.*

-Eslami, A., Shafahi, Y., & Bafandkar, S. (2025). Optimizing and synchronizing timetables in an urban subway network considering trains' speed profiles and skip-stop strategy. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 34, Article 100520.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100520

-European Commission. (2020). White paper on transport: A roadmap to a single European transport area. *European Commission.*

-Geischberger, J., Weik, N., & Pannek, J. (2026). Reliability evaluation of rail freight transport processes: An agent-based approach combining microscopic rail simulation and freight network logistics. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 37, Article 100558.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2026.100558

-Gu, Y., Wei, Y., & Xia, Y. (2025). Optimization method for maximizing capacity utilization of high-speed railway train timetable based on node routing model. *Journal of Rail Transport Planning & Management,* 36, Article 100548.
doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100548

International Union of Railways. (2023). Railway statistics: Synopsis. *UIC.*

-International Union of Railways. (2024a). RAILISA: Railway statistics platform [Data set].

-International Union of Railways. (2024b). Traffic trends among UIC member companies in 2024: Provisional results. *UIC.*

-International Union of Railways. (2025). Global railway statistics: Network, traffic and modal share (2004–2023). *UIC.*

Evaluating the Operational Performance of the Incheh Borun Railway Border Based on Key Performance Indicators: A Freight Transport Trend Analysis from 2017 to 2025

Morteza Sharbati Nowkandeh, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Go.C., Islamic Azad University, Gorgan, Iran.

Mohammad Hadi Almasi, *Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Go.C., Islamic Azad University, Gorgan, Iran.*

E-mail: mh.almasi@iau.ac.ir

Received: May 2026- Accepted: November 2026

ABSTRACT

The Incheh Borun railway border connects the Iranian railway network to Turkmenistan and Central Asia, holding a strategic position in international transit corridors. Despite this significance, its performance has not been systematically evaluated using long term data. This research aims to evaluate the operational performance of the Incheh Borun border from 2017 to 2025 based on key performance indicators (KPI) and a freight transport trend analysis. This applied descriptive analytical study utilized official statistics from the Railways of the Islamic Republic of Iran. Data concerning loading and unloading volumes, transit tonnage, and the number of loaded wagons, were analyzed employing trend analysis methods and the Compound Annual Growth Rate (CAGR). The total freight volume increased from 224.5 thousand tons in 2017 to 697.8 thousand tons in 2025, representing a total cumulative growth of 210.82% over the period, an arithmetic mean annual growth of 18.02%, and approximately 15% CAGR. Furthermore, the origin to destination ton kilometer indicator recorded a mean annual growth of 18.69%, a CAGR of 2.85%, and a total period growth of 25.24%. The lowest ton kilometer value was observed in 2023, whereas the peak occurred in 2024. The performance decline in 2023 resulted from a 44.63% reduction in ton kilometers due to shortened average transport distances, while 2024 experienced a 210.43% surge. The analyses indicate that the operational capacity of the border remains underutilized. Developing railway infrastructure, upgrading operational processes, improving interorganizational coordination, and establishing a KPI based monitoring system are proposed as essential strategies to strengthen this border in international corridors.

Keywords: Incheh Borun Railway Border, Railway Transportation, Key Performance Indicators, Trend Analysis, Freight Transit