

# شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

مهدی نخعی نژاد (نویسنده مسئول)، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد،

ایران

رقیه یگانه، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

Email: nakhaei.ie@gmail.com

دریافت ۱۳۹۴/۰۷/۲۸ پذیرش ۱۳۹۵/۰۹/۰۲

## چکیده

توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل یکی از نیازهای اساسی کشور است. معیارهایی از قبیل سرعت، راحتی، ایمنی و قابلیت اعتماد و آماده‌به‌کاری سیستم حمل‌ونقل از شاخص‌های مهم ارزیابی سیستم‌ها توسط مسافریین و صاحبان کالا جهت انتخاب حمل‌ونقل مناسب است. با توجه به هزینه بالای سرمایه‌گذاری برای خرید ناوگان و احداث خطوط جدید و تقاضای روزافزون حمل‌ونقل ریلی، استفاده بهینه از ظرفیت‌های ریلی، بسیار حائز اهمیت است. در این مقاله ابتدا با مرور ادبیات، مطالعات میدانی و مصاحبه با خبرگان در حوزه‌های مختلف ریلی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر بهره‌وری در بخش‌های مختلف استخراج شده است. این مؤلفه‌ها در حوزه‌های زیرساخت، ناوگان، سیر و حرکت، بازرگانی و نیروی انسانی مشخص شده است. پرسشنامه‌ای بر اساس معیارها و مؤلفه‌های مؤثر تدوین شده و در میان کارشناسان و خبرگان این صنعت توزیع گردیده است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها آزمون‌های آماری، آلفای کرونباخ، نرمال بودن توزیع، توصیف آماری داده‌ها انجام شده و با استفاده از آزمون فرض میانگین جامعه (آزمون t) درستی فرضیه‌های مطرح شده اثبات گردیده است. نهایتاً اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی با کاربرد روش تخصیص خطی از متدهای تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آزمون آماری، تصمیم‌گیری چند معیاره، حمل‌ونقل ریلی، ظرفیت ناوگان

### ۱. مقدمه

دلیل قیمت بالای آن، یکی از منابع بزرگ سرمایه‌ای به شمار می‌رود. در همین رابطه شناخت عوامل و میزان تأثیر آن‌ها در استفاده بهینه از امکانات موجود ضروری به نظر می‌رسد و می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات مناسب در حوزه حمل‌ونقل ریلی گردد.

### ۲. مبانی نظری و مروری بر مطالعات انجام‌شده

اهداف و برنامه‌های تدوین‌شده در راستای افق چشم‌انداز همگی حکایت از انتظار معنادار نظام از بخش ریلی کشور است. تمرکز بر رشد سهم بخش ریلی در هر دو حوزه بار و مسافر یکی از اهداف ایست که تحقق آن منوط به در نظر گرفتن دو مسیر متفاوت است:

(۱) فراهم نمودن بستر مناسب حمل‌ونقل ریلی متکی بر توانمندی‌ها و اصلاحات درون بخشی

(۲) فراهم نمودن بستر رقابتی برای بروز استعدادها و توانمندی‌های بخش ریلی متکی بر اصلاحات برون بخشی یکی از مهم‌ترین مسائلی که در این حوزه مطرح است مسئله استفاده بهینه از زیرساخت‌ها و امکانات موجود به علت هزینه سنگین ایجاد و توسعه زیرساخت و تأمین ناوگان جدید است.

صنعت حمل‌ونقل ریلی، به‌عنوان یکی از مؤثرترین سیستم‌های حمل‌ونقل شناخته‌شده است، ولی شبکه‌های ریلی توسعه‌نیافته‌ی قدیمی، سبب ناکارآمدی این صنعت می‌باشند. رحمانی و همکاران در تحقیق خود راه مواجهه با روند افزایش سریع تقاضا در حمل‌ونقل ریلی را حرکت این صنعت به سمت هوشمند سازی سیستم‌های ریلی باهدف افزایش سرعت و کارایی بالا می‌دانند. ایشان در پژوهش خود به بررسی تجارب کشورهای پیشرو در زمینه‌ی روش‌های تبدیل حمل‌ونقل ریلی به سیستم حمل‌ونقل هوشمند، با رویکرد کارایی و بهبود صنعت حمل‌ونقل ریلی پرداخته‌اند. تبدیل شبکه‌ی قدیمی به یک شبکه‌ی مدرن، کارا و سریع‌السير در جهت افزایش بهره‌وری، کاهش زمان توقف در ایستگاه‌ها، یکپارچگی عملیات و همچنین بازگشت سرمایه‌ی تضمین‌شده، همگام با برنامه‌ریزی توسعه‌ی فضایی کشور، از اهداف تحقیق ایشان است [رحمانی، زارعیان و معینی فر، ۱۳۹۲].

اولین گام برای استفاده بهتر از زیرساخت ریلی تعریف ظرفیت شبکه است. ظرفیت، توانایی یک مسیر در عبور دادن تعداد مشخصی وسیله حمل‌ونقل است که در روش‌های مختلف

حمل‌ونقل یکی از اصلی‌ترین ستون‌های اقتصاد بوده و نقش بسیار مهمی در توسعه پایدار جوامع دارد. راه‌آهن نیز به‌عنوان یک زیرساخت مهم در صنعت حمل‌ونقل جایگاه ویژه‌ای در جابجایی کالا و مسافر دارد. در کنار ویژگی‌های خاص کشورمان مزیت‌های چشمگیر حمل‌ونقل ریلی در میان شقوق دیگر حمل‌ونقل از جهت ملاحظات اقتصادی، ایمنی، زیست‌محیطی و غیره موجب شده که این شیوه حمل‌ونقل از بیشترین تأکید و بالاترین اولویت در سیاست‌های کلی و برنامه‌های توسعه، برخوردار باشد. موقعیت ممتاز بین‌المللی ایران برای حمل‌ونقل ترانزیتی، وضعیت ناهنجار سوانح جاده‌ای و تحمیل خسارت به جامعه، میزان بالای مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و نقش حمل‌ونقل ریلی به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی در زنجیره تأمین صنایع به‌ویژه صنایع معدنی از جمله عوامل تأکید سیاست‌گذاران کلان نظام بر حمل‌ونقل ریلی به شمار می‌روند. تجربه دهه‌های گذشته نشان می‌دهد عموم مردم به علت هزینه مناسب و ایمنی بالا از خدمات حمل‌ونقل ریلی استقبال نموده‌اند، ولی به دلیل ناکافی بودن شبکه خطوط راه‌آهن ایران نسبت به جمعیت و وسعت کشور، همچنین سهم بسیار اندک راه‌آهن از حمل‌ونقل بار و مسافر، رشد مناسبی در جایگاه حمل‌ونقل ریلی صورت نگرفته است. مسئله مهمی که در ساخت راه‌آهن مطرح می‌شود و در واقع از موانع مهم گسترش شبکه است مسئله سرمایه‌گذاری در راه‌آهن و عدم سودآوری سریع پروژه‌های زیر بنایی راه‌آهن است. برای ایجاد شبکه خطوط اصلی، فرعی و تأسیسات جانبی سرمایه‌گذاری پر حجم و با توان اجرایی بالا نیاز است. با توجه به محدودیت منابع مالی دولت، گسترش راه‌آهن همواره با تنگناهایی مواجه است و در نتیجه افزایش خدمات راه‌آهن بیشتر از طریق بهبود و افزایش کارایی امکان‌پذیر است.

به دلیل پیچیدگی‌های موجود در حمل‌ونقل ریلی عوامل متعددی از جمله برنامه‌ریزی حرکت، خط، سازه‌های فنی، ناوگان، نیروی انسانی و شرایط و امکانات اقتصادی در عملکرد آن مؤثر هستند. ناوگان حمل متشکل از لکوموتیو و واگن از ارکان مهم و کلیدی در این صنعت است و بخش عمده مأموریت، اهداف و عوامل حیاتی موفقیت راه‌آهن در ارتباط با حوزه کارکردی سیر و حرکت ناوگان است. ناوگان ریلی به

بر مبنای جریان چند کالایی برای مدل‌سازی مسیر ریلی و محاسبه ظرفیت ارائه شده است [یقینی، نیکویی و تمنایی، ۱۳۹۰].

مک کالین، در مقاله «مسائل مربوط به ظرفیت راه آهن» خطوط راه آهن را مانند یک چهارراه توصیف نموده است که برای ایفای نقش بیشتر و بهتر در حمل و نقل بایستی مسائل مربوط به کیفیت خدمات و چالش های ظرفیت به طور همزمان بهبود یابند و معتقد است جامعه تحقیق و توسعه باید راه حل هایی ارائه دهند که به سرعت و با حداقل هزینه قابل اجرا باشند به عبارت دیگر با محدودیت های مالی موجود پیدا کردن راه حل به موقع و کم هزینه برای افزایش ظرفیت حیاتی است [مک کالین، ۲۰۱۰].

آقاباقری، در پایان نامه «ارزیابی و اولویت بندی طرح های توسعه شبکه ریلی راه آهن ج.ا.ایران با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره» با توجه به گسترش روزافزون فعالیت ها در توسعه زیرساخت های حمل و نقلی به اهمیت استفاده از مدل های کارآمد برای حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره پرداخته و برای فراهم آوردن رویکردی سیستمی برای تعیین اولویت ها با چندین معیار، روش تحلیل شبکه ای را پیشنهاد می کند [آقاباقری، ۱۳۹۱]. همچنین در مطالعه ای با عنوان «کاربرد اولویت بندی تحلیل شبکه ای در برنامه ریزی آرمانی برای تخصیص منابع در حمل و نقل» محققین به این نتیجه رسیدند، مسئله هایی را که چند معیاره بوده و دارای وابستگی بین معیارها و گزینه ها هستند و از نظر منابع قابل اجرا هستند می توان با این روش ترکیبی حل کرد [خاکی و شفیعی، ۱۳۹۱].

همان گونه که از ادبیات موضوع مشخص است یکی از روش هایی که برای تصمیم گیری در مسائل مربوط به حمل و نقل می توان از آن استفاده کرد، روش های تصمیم گیری چند معیاره است. روش های تصمیم گیری چند معیاره که الگوریتم آن ها بر منطق ریاضی بنا شده و سازگاری زیادی با نحوه تفکر و فرایندهای ذهنی انسان دارند، کارایی بالایی داشته و استفاده از آن ها بسیاری از مشکلات تصمیم گیری را حل کرده است.

در زمینه به کارگیری روش های تصمیم گیری چند معیاره، مطالعات زیادی انجام شده است. سینگ و کو، در مطالعه ای با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره، کیفیت خدمات مسافرتی ۱۴ فرودگاه بین المللی اقیانوس آرام و آسیا را ارزیابی

حمل و نقل به گونه های مختلف محاسبه می شود. ظرفیت واژه ای مشخص و قابل اندازه گیری نیست و نیازمند تعیین شرایط و محاسبات بر اساس شرایط تعیین شده است. دلیل دشواری تعریف ظرفیت، تعداد پارامترهایی است که بر روی ظرفیت تأثیر می گذارند و باید اندازه گیری شوند، در حمل و نقل ریلی می توان گفت ظرفیت شبکه بستگی به زیرساخت، ناوگان و برنامه زمان بندی حرکت قطارها دارد که هر کدام شامل عوامل تأثیرگذار فراوانی هستند که شناسایی و اولویت بندی آن ها بر استفاده بهینه از ظرفیت ریلی دارای اهمیت بالایی است. در پژوهشی محققین به بررسی مسئله تعیین توالی اعزام و همچنین برنامه توقف قطارها در جهت حداکثر استفاده از ظرفیت شبکه ریلی موجود باهدف تعیین ترتیب اعزام قطارها از ایستگاه مبدأ و همچنین مکان توقف برنامه ای قطارها در راستای حداقل سازی طول افق زمان بندی با کمک الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی تصادفی تطابقی حریصانه پرداخته اند [نایی و کیانفر، ۱۳۹۱].

معیارهایی از قبیل سرعت، ایمنی و قابلیت اعتماد، راحتی، قیمت و آماده به کاری سیستم حمل و نقل از شاخص های مهم ارزیابی سیستم ها توسط مسافری و صاحبان کالا جهت انتخاب روش حمل و نقل مناسب است و دستیابی به این شاخص ها و جلب نظر مشتریان مستلزم داشتن برنامه جامع نگهداری و تعمیرات در شبکه ریلی و نظارت و کنترل مستمر بر عملکرد و وضعیت موجود شبکه است. نصرآزادانی، در مقاله خود به بررسی نقش نگهداری و تعمیرات خطوط بر راندمان صنعت حمل و نقل ریلی پرداخته و نتیجه می گیرد نگهداری و تعمیرات به موقع و مؤثر نقش به سزایی در حفظ ظرفیت مسیر با جذابیت سیستم حمل و نقل ریلی و کاهش هزینه های بهره برداری و همچنین افزایش ایمنی سیر و حرکت ناوگان دارد [نصرآزادانی، ۱۳۹۲].

تقاضای روزافزون حمل و نقل ریلی، نیاز به افزایش ظرفیت در گلوگاه های ریلی را گریزناپذیر نموده است. به همین منظور باید با به کارگیری تمهیدات لازم، مشکل ظرفیتی این مسیرهای ریلی برطرف شود. در تحقیقی با مطالعه مسیر بادرود- اردکان راهکارهای افزایش ظرفیت مسیرهای ریلی با استفاده از روش های بهینه سازی مورد بررسی قرار گرفته و با عنایت به اینکه ظرفیت مسیرهای ریلی به پارامترهای زیرساخت، ناوگان و بهره برداری وابسته است در این مطالعه یک مدل بهینه سازی

## شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

این مدل اقدامات مدیریتی مانند تشخیص نقاط ضعف و قوت در شبکه حمل‌ونقل امکان‌پذیر شده و در نتیجه انجام اقدامات مناسب جهت بهبود شرایط، توزیع بهینه جریان ترافیکی در شبکه، تخصیص بهینه منابع بین روش‌های مختلف حمل‌ونقلی و مسیریابی بهینه در شبکه راه‌ها، هموار می‌گردد [میرید و سعیدیان، ۱۳۸۵].

در مقاله «تعیین شاخص بهره‌وری در حمل‌ونقل ریلی» اشاره شده است که روش‌ها و شاخص‌های مختلفی برای سنجش و ارزیابی بهره‌وری وجود دارد که در سطوح مختلف بین‌المللی، ملی، صنعت و سازمان از آن‌ها استفاده می‌شود. در این مطالعه، با نگاهی خاص به حمل‌ونقل، شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری بهره‌وری در سطح کلان حمل‌ونقل ریلی معرفی شده است. با رتبه‌بندی شاخص‌های بهره‌وری جایگاه هر کشور را مشخص شده که مبین میزان سرمایه‌گذاری و استفاده از این سرمایه‌ها است و نتیجه نهایی، تعیین رده‌بندی کشورها به لحاظ زیربنای موجود و میزان استفاده مناسب از آن‌ها در دو سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ است [منجم، محمدی و شربنداران، ۱۳۹۲].

در مقاله «عوامل مؤثر بر خواب ناوگان و راهکارهای استفاده بهینه از وسایط نقلیه» محققین با توجه به وجود تعداد بسیار زیادی ناوگان بدون استفاده و کم‌بهره در ساختار حمل‌ونقل کالای کشور، درصدد بررسی عوامل مؤثر بر خواب ناوگان حمل‌ونقل کالای ایران تحت عنوان حمل‌ونقل یک سر بار، حمل و نقل مضاعف و بالطبع هزینه‌های اضافی و جانبی مترتب بر آن بوده و شناسایی عوامل مؤثر بر خواب ناوگان حمل‌ونقل کالا را موجب آگاهی و تدوین برنامه عملیاتی جهت بهبود می‌دانند [سلطانی و صفا تاج، ۱۳۹۱].

تحقیقات انجام‌شده در تمامی حوزه‌های حمل‌ونقل که توسط هر یک از محققین صورت گرفته است، یک یا چند عامل را در نظر گرفته و کارآیی و بهره‌وری شبکه را بر اساس آن موردبررسی قرار داده‌اند و کلیه عوامل به‌صورت جامع موردبررسی قرار نگرفته است. هدف از این تحقیق شناسایی عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از امکانات موجود صنعت ریلی و اولویت‌بندی عوامل بر اساس روش تخصیص خطی است. شناسایی این عوامل و اتخاذ تمهیدات و برنامه‌ریزی‌های لازم می‌تواند کمک شایانی به شرکت راه‌آهن در جهت بهبود بهره‌برداری از منابع موجود خود داشته باشد.

کرده‌اند. آن‌ها ابتدا با استفاده از مفهوم بهینه‌یابی، یک شاخص کلی عملکرد خدماتی بر اساس ترجیحات مصرف‌کننده را مشخص کرده و سپس با تعیین معیارهای کیفیتی خدمات مسافرتی به ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی خدمات فرودگاهی پرداخته‌اند [سینگ و کو، ۲۰۰۳].

در تحقیقی به‌منظور ارزیابی عملکرد دو پایانه با موقعیت‌های مختلف از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است [لیو و همکاران (۲۰۰۴)]. در تحقیقی دیگر با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره سیستم پشتیبان از تصمیم‌گیری در مدیریت حمل‌ونقل شهری انجام موردبررسی قرار گرفته است. معیارهای این تحقیق شامل جغرافیای مسیر، شرایط آب و هوایی، حجم ترافیک، ظرفیت جابجایی، متوسط زمان سفر و تعداد توقف است [بانسیو و فلوریا، ۲۰۰۹]. توزکایا، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به بررسی اثرات زیست‌محیطی بر روش‌های حمل‌ونقل پرداخته است. در این تحقیق با استفاده از معیارهای سروصدا، پتانسیل کاهش نشر آلودگی، اثرات بر حیات وحش، منظره نامطلوب، استفاده از منابع انرژی، امنیت و شرایط فصلی به بررسی گزینه‌های حمل‌ونقل ریلی، جاده‌ای، دریایی و چندوجهی پرداخته شده است [توزکایا، ۲۰۰۹].

اتو، در تحقیق خود اثر عوامل روانی را با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب گزینه‌های حمل‌ونقل موردبررسی قرار داده است. معیارهایی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل هنجارهای اجتماعی، عوامل جمعیتی، عوامل اقتصادی، شرایط و میزان تحرک استفاده‌کنندگان است [اتو، ۲۰۱۲]. در تحقیق دیگری به ارزیابی کارآیی برنامه جدید ترانزیت و مقایسه اتوبوس و حمل‌ونقل ریلی در مناطق شهری آمریکا پرداخته شده است. معیارهایی که در این ارزیابی مدنظر قرار گرفته‌اند شامل هزینه اجرا، هزینه وسیله نقلیه، تعداد مسافر به ازای هر مایل، دامنه پوشش خدمات، راحتی و آسایش، ظرفیت جابجایی، هزینه زیرساخت‌ها، انعطاف‌پذیری، سرعت و قابلیت اعتماد، تعداد ایستگاه، آلودگی صوتی و هوا، فضا به ازای هر مسافر و تعداد شبکه‌های راه است [هنری و لیتمن، ۲۰۱۱].

میرید و سعیدیان، در تحقیق خود با ارائه مدلی به نام مدل ارزش راه‌ها، توانایی انجام مقایسات بین روش‌های مختلف حمل‌ونقلی اعم از هوایی، ریلی و جاده‌ای را ایجاد کردند. با

مؤلفه‌های مؤثر بر بهره‌برداری از ناوگان موجود در راه‌آهن شناسایی گردید. عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری به بخش‌های بازرگانی (قوانین و تعرفه‌ها)، نیروی انسانی (تخصص، تعداد و پراکندگی)، زیرساخت (خطوط اصلی و فرعی، علائم الکتریکی و ساختمان‌های اداری)، ناوگان (لکوموتیو و واگن)، سیر و حرکت (برنامه‌ریزی و بهره‌برداری) تقسیم‌بندی شدند.

با توجه به عوامل ذکر شده در مقالات بررسی شده در مرور ادبیات و مطالعه میدانی در مدارک و مستندات و بررسی آمار و اطلاعات موجود در سازمان و با در نظر گرفتن دو اصل عدم همپوشانی و جامعیت عوامل، طی جلسات مختلف با تعدادی از صاحب‌نظران پرسشنامه‌ای مشتمل بر ۳۵ سؤال تدوین گردید. تعداد ۵ سؤال در مرحله بررسی پایایی پرسشنامه حذف گردیده و نهایتاً ۳۰ سؤال مورد بررسی قرار گرفت.

مجموعه واحدهایی که حداقل یک صفت مشترک داشته باشند یک جامعه آماری را تشکیل می‌دهند. نمونه آماری نیز عبارت است از مجموعه‌ای از نشانه‌ها که از یک قسمت، گروه یا جامعه‌ای بزرگ‌تر انتخاب می‌شود، به طوری که این مجموعه معرف کیفیات آن قسمت، گروه یا جامعه بزرگ‌تر باشد [خاکی، ۱۳۸۹]. یکی از روش‌های پرکاربرد در تعیین حجم نمونه فرمول کوکران است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left( \frac{z^2 pq}{d^2} - 1 \right)}$$

در این فرمول  $N$  حجم جامعه است، به جای  $p$  و  $q$  نیز از حداکثر مقدار آن‌ها یعنی ۰,۵ استفاده می‌کنیم. در سطح خطای ۰,۵ مقدار  $d$  برابر ۰,۰۵ و  $Z^2$  برابر ۳,۸۴ است.

تعداد ۷۷ نفر از کارشناسان فنی مستقر در ادارات مرکزی راه‌آهن، جامعه آماری این پژوهش را تشکیل می‌دهند. طبق فرمول کوکران تعداد نمونه برابر ۶۳ نفر به دست آمد، از ۶۳ پرسشنامه توزیع شده میان کارشناسان ۵۶ عدد جمع‌آوری گردید ولی ۶ عدد از آن‌ها به علت مخدوش بودن غیرقابل استفاده بود و نهایتاً تعداد ۵۰ پرسشنامه (میزان بازگشتی ۸۰٪) مورداستفاده قرار گرفت. سنجش روایی پرسشنامه تدوین شده بر اساس محتوا بوده و به تأیید نخبگان و صاحب‌نظران رسیده است. برای سنجش پایایی پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است.

جایگاه ویژه حمل‌ونقل ریلی در مقایسه با سیستم جاده‌ای و هوایی و دارا بودن بیشترین تطابق و سازگاری با توسعه پایدار جامعه، یکی از علل مهم توجه مجدد کشورهای پیشرفته به سامانه حمل‌ونقل ریلی در طول سه دهه گذشته بوده است. عدم اختصاص منابع مالی موردنیاز از سوی دولت‌ها، استفاده از سرمایه و مدیریت بخش خصوصی را به‌عنوان یکی از راهکارهای جایگزین موردتوجه قرار داده است. پس از سال‌ها کاهش سهم حمل‌ونقل ریلی به نفع سیستم جاده‌ای این دسته از کشورها با توجه به منافع درازمدت سیستم ریلی، اهداف و مأموریت‌هایی برای ارتقا سهم ریلی از حمل‌کالاها و مسافر تعریف کرده‌اند.

بخش باری حمل‌ونقل ریلی در کشورهای نظیر آمریکا، روسیه، چین و استرالیا سهم نسبتاً خوبی را از حمل‌ونقل بار دارد. راه‌آهن چین سهم ۵۳,۱ درصدی از حمل‌ونقل بار دارد، در حالی که سهم حمل‌ونقل ریلی ایران در حمل‌ونقل بار فقط ۳ درصد است. ایران با ۴,۳ متر خط آهن به ازای هر کیلومتر مربع مساحت دارای یکی از عقب‌مانده‌ترین راه‌آهن‌ها ست در حالی که این شاخص در آلمان ۹۶ متر، ژاپن ۵۳ متر، آفریقای جنوبی ۱۶,۴ متر، ترکیه ۱۱,۲ متر و در تونس ۱۱,۶ متر است. با توجه به روند توسعه خطوط ریلی در کشور (حدود ۳۰۰ کیلومتر در سال) نزدیک به ۱۰۰ سال طول می‌کشد که به موجودی راه‌آهن آلمان برسیم. در شاخص طول خط به جمعیت، به ازای هر یک میلیون نفر در ایران ۱۰۳ کیلومتر خط آهن وجود دارد، این شاخص در آلمان ۴۱۰ کیلومتر، ژاپن ۱۶۰ کیلومتر، آفریقای جنوبی ۴۲۰ کیلومتر، ترکیه ۱۲۰ کیلومتر و در تونس ۲۰۰ کیلومتر است [نجنفی، ۱۳۹۳].

### ۳. روش تحقیق

با توجه به عدم تحقق کامل برنامه‌های مصوب راه‌آهن در سال‌های گذشته و عنایت به هزینه بسیار زیاد گسترش و توسعه سازمان، جهت رسیدن به چشم‌انداز موردنظر و محقق شدن برنامه‌ها، این مقاله عوامل مؤثر بر بهره‌وری و استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود را مورد بررسی قرار می‌دهد.

با مرور مطالعات انجام شده و طی مصاحبه با خبرگان و صاحب‌نظران ادارات کل ستادی و مناطق که در جریان مستقیم امور و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ریلی قرار دارند و بررسی معضلات و مشکلات موجود در حوزه‌های مختلف، عوامل و

### ۱-۳ محاسبه مقدار آلفای کرونباخ

پس از جمع‌بندی اطلاعات به‌دست‌آمده از ۵۰ پرسشنامه (۳۵ سؤال) توزیع‌شده و ورود اطلاعات در نرم‌افزار SPSS مقدار آلفای کرونباخ طبق جداول شماره یک محاسبه گردید. مقدار آلفای کرونباخ با حذف تعدادی از سؤالات برای ۳۰ سؤال باقی‌مانده به ۸۰٪ افزایش می‌یابد که در جدول شماره دو نشان داده‌شده است.

### ۲-۳ نرمال بودن توزیع داده‌ها

در این مقاله با محاسبه میانگین پاسخ‌ها برای هر پرسشنامه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS فرض صفر نرمال بودن توزیع داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها با آزمون کلموگروف - اسمیرنوف موردبررسی قرار گرفته است.

جدول ۱. محاسبه آلفای کرونباخ

#### Reliability

##### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	50	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	50	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

##### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.774	.777	35

جدول ۲. محاسبه آلفای کرونباخ

#### Reliability

##### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	50	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	50	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

##### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.797	.800	30

جدول ۳. آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		mean
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	N	50
	Mean	3.6700
	Std. Deviation	.31148
Most Extreme Differences	Absolute	.077
	Positive	.067
	Negative	-.077
	Kolmogorov-Smirnov Z	.544
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.929

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

طبق نتایج حاصل از این آزمون و با توجه به مقدار معیار تصمیم که ۰,۹۲۹ است نتیجه می‌گیریم که دلیلی برای رد فرض صفر وجود ندارد و داده‌ها از یک توزیع نرمال به‌دست آمده‌اند (جدول ۳).

**۳-۴ فرضیات پژوهشی**

فرضیه‌هایی که در این تحقیق به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان در نظر گرفته شده‌اند شامل موارد زیر هستند:

فرضیه ۱: عوامل مرتبط با سیر و حرکت بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان مؤثر است.

فرضیه ۲: عوامل مرتبط با بازرگانی بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان مؤثر است.

فرضیه ۳: عوامل مرتبط با ناوگان بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان مؤثر است.

فرضیه ۴: عوامل مرتبط با خط و ابنیه بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان مؤثر است.

فرضیه ۵: عوامل مرتبط با نیروی انسانی بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان مؤثر است.

**۳-۳ توصیف آماری متغیرهای تحقیق**

میانگین و انحراف معیار ظرفیت ناوگان در جدول شماره چهار به ترتیب ۳,۶۷ و ۱۰,۳۱ که تأثیرگذاری مؤلفه‌های شناسایی شده بر استفاده بهینه از ظرفیت را نشان می‌دهد. بر اساس سایر اطلاعات مندرج در جدول، سیر و حرکت بیشترین و بازرگانی کمترین نمره را به دست آورده‌اند.

جدول ۴. توصیف آماری متغیرها

نیروی انسانی	خط و ابنیه	ناوگان	سیر و حرکت	بازرگانی	ظرفیت ناوگان	
۳,۶۸	۳,۶۷۴	۳,۶۱۳	۳,۸۵۷	۳,۴۹۶	۳,۶۷	میانگین
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	تعداد
۰,۴۵۷۸	۰,۴۲۱۳	۰,۴۶۹۵	۰,۳۸۵۴	۰,۴۴۳۱	۰,۳۱۱۵	انحراف معیار

جدول ۵. آزمون فرض آماری میانگین جامعه

One-Sample Test						
Test Value = 0						
	t	df	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the	
					Lower	Upper
h1	55.794	49	.000	3.4960	3.370	3.622
h2	70.759	49	.000	3.8567	3.747	3.966
h3	54.417	49	.000	3.6133	3.480	3.747
h4	61.675	49	.000	3.6743	3.555	3.794
h5	56.842	49	.000	3.6800	3.550	3.810

در این فن با استفاده از اولویت هر یک از گزینه‌ها در هر یک از شاخص‌ها به یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک دست خواهیم یافت و از حل مدل به اولویت گزینه‌ها می‌توان دست‌یافت. از جمله ویژگی‌های روش تخصیص خطی که منجر به استفاده از آن در این مقاله شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- این روش با استفاده از یک رتبه‌بندی ساده موجب تبادل در بین شاخص‌ها گردیده و از محاسبات پیچیده می‌پرهیزد.
- این روش نیاز به یکسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری ندارد و شاخص‌ها می‌توانند از هر مقیاس باشند.
- روش فوق بدون آن‌که نیازی به اطلاعات وسیع داشته باشد جبرانی بودن رادار است.
- روش فوق را می‌توان برای تجزیه و تحلیل سؤالات موجود از مقیاس رتبه‌ای (از یک پرسشنامه) بکار برد.
- تکنیک‌های دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره هم به شاخص‌ها و هم به گزینه‌ها به صورت همزمان برای انجام محاسبات احتیاج دارند در صورتی‌که در تخصیص خطی بدون وجود گزینه‌ها می‌توان شاخص‌ها و عوامل را رتبه‌بندی نمود [اصغرپور، ۱۳۹۰].

ناوگان، خط و ابنیه و نیروی انسانی در استفاده از ظرفیت بهینه ناوگان مؤثر هستند. پس از گردآوری اطلاعات خام و استخراج آن‌ها، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، ابتدا از آمار توصیفی جهت تنظیم داده‌ها و تعیین شاخص‌های آماری مربوط به متغیرهای تحقیق بهره گرفته شد. همچنین از آمار استنباطی برای نرمال بودن توزیع داده‌ها و تجزیه و تحلیل فرضیه‌های پژوهش استفاده شد، در نهایت برای رتبه‌بندی عوامل و مؤلفه‌های مؤثر بر ظرفیت ناوگان در پژوهش حاضر از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود که با توجه به شرایط مسئله، روش تخصیص خطی از زیرگروه هماهنگ انتخاب شده است.

راه‌آهن از سه بخش اساسی زیرساخت (خط آهن، ابنیه فنی، علائم الکتریکی، ارتباطات و غیره)، وسایط نقلیه ریلی (لکوموتیو، واگن و غیره) و بهره‌برداری (بازرگانی و سیر و حرکت) تشکیل شده است. در جدول شماره شش مؤلفه‌های مؤثر بر استفاده از ظرفیت ناوگان ریلی در بخش‌های بازرگانی، سیر و حرکت، ناوگان، زیرساخت و نیروی انسانی مندرج در پرسشنامه آورده شده است.

با استفاده از داده‌های پرسشنامه و پس از نرمالیزه کردن داده‌ها ماتریس تصمیم‌گیری به صورت جدول ۷، جهت تدوین مدل ریاضی به دست آمده است.

یکی از روش‌های مدل‌سازی جبرانی روش مدل تخصیص خطی است که مدل عمومی آن در زیر ارائه شده است. بدین ترتیب روش مدل‌سازی صفر و یک که در این مقاله به کار گرفته شده، چنین است که در آن گزینه‌های مفروض از یک مسئله برحسب امتیازات آن‌ها از هر شاخص موجود رتبه‌بندی شده و سپس رتبه نهایی گزینه‌ها از طریق یک پروسه جبران خطی به ازای تبادلات ممکن در بین شاخص‌ها مشخص خواهد شد.



مهدی نخعی نژاد، رقیه یگانه

جدول ۶. معیارها و مؤلفه‌های مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

هدف	معیار اصلی	مؤلفه	زیر معیار
	بازرگانی	جذب بار، تعرفه	X1 نرخ تعرفه حمل بار ناشی از هدفمندسازی یارانه‌ها
			X2 کاهش بار ترانزیت ناشی از تحریم‌های بین‌المللی
			X3 استفاده چندمنظوره از واگن‌های باری
			X4 سیاست‌های تشویقی تخفیف در حق دسترسی به شبکه و تعرفه‌های حمل بار
			X5 وجود خطوط فرعی و امکان تحویل درب به درب کالا
سیر و حرکت	برنامه‌ریزی حمل	افزایش تعداد قطار مسافری	X6 رعایت تناسب توان کششی دیزل با کلاس خطوط در تخصیص لکوموتیو
			X7 اجرای مقررات حمل کالاهای خطرناک (SMGS)
			X8 افزایش میانگین سرعت سیر بازرگانی و کاهش زمان سیر واگن‌ها
			X9 استفاده از ریل باس به‌عنوان قطارهای حومه‌ای
			X10 استفاده از قطارهای طولی و تناژ بالا (سیستم لکوترول)
ناوگان	واگن	لکوموتیو، واگن	X11 محدودیت نوع واگن‌ها و عدم امکان حمل بارهای متنوع
			X12 واگذاری تعمیرات لکوموتیو و واگن به بخش خصوصی
			X13 کمبود قطعات (عدم امکان واردات و عدم توانایی در تولید داخلی)
			X14 بهینه‌سازی سیستم‌های ایمنی و رفاهی لکوموتیوهای موجود
			X15 خرید لکوموتیوهای ویژه حمل قطارهای مسافری
X16 استفاده از لکوموتیوها با تکنولوژی‌های متفاوت			
زیرساخت	تأسیسات، علائم	خط، تأسیسات، علائم	X17 وجود سیستم‌های مکانیزه تخلیه و بارگیری
			X18 تک خطه بودن اکثر خطوط راه‌آهن و اولویت سیر قطارهای مسافری
			X19 انجام عملیات بازسازی و بهسازی خطوط
			X20 وجود امکانات و فضای مناسب در دپوها جهت تعمیرات لکوموتیو
			X21 عدم تمرکز دپوهای تعمیرات لکوموتیو در مناطق خاص (تهران، کرخ، بافق)
نیروی انسانی	آموزش، قوانین	تخصص، آموزش، قوانین	X22 استفاده از فناوری پیشرفته در زیرساخت‌ها با توجه به فرسودگی ناوگان
			X23 راه‌اندازی کامل سیستم‌های کنترل اتوماتیک (ATC, CTC)
			X24 اهمیت نیروی انسانی متخصص در بخش تعمیرات واگن و لکوموتیو
			X25 آموزش مستمر کارکنان و آگاه‌سازی از سیاست‌های کلان سازمان
			X26 تأمین نیروی متخصص از طرف شرکت‌های مالک لکوموتیو
X27 تغییر مقررات و دستورالعمل‌های فنی در جهت بالا بردن ریسک‌پذیری مسئولین			
X28 اجرای فرایندها بر اساس مقررات سخت‌گیرانه و محتاطانه			
X29 برخورد قاطع و بدون اغماض با مأمورین خاطی بدون توجه به دلایل بروز خطا			
X30			

عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان

جدول ۷. ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه

معیار اصلی	رتبه				
	۱	۲	۳	۴	۵
بازرگانی	۰,۲۰۳	۰,۱۹۲	۰,۲۱۹	۰,۱۵۱	۰,۲۴۷
سیر و حرکت	۰,۲۴۴	۰,۲۱۵	۰,۱۸۳	۰,۱۴۱	۰,۰۲۶
ناوگان	۰,۱۶۳	۰,۱۹۵	۰,۱۹۶	۰,۳۰۳	۰,۲۵۷
زیرساخت	۰,۲۲۵	۰,۲۰۴	۰,۲۰۱	۰,۱۴۶	۰,۱۱۰
نیروی انسانی	۰,۱۶۶	۰,۱۹۴	۰,۲۰۱	۰,۲۵۹	۰,۳۶۰

## شناسایی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

می‌نماید. همچنین تمامی تغییرات در برنامه حرکت قطارها، تعداد قطار (باری و مسافری)، نوع قطار، سرعت و مدت زمان سیر قطارهای اعزامی بایستی با اعمال نظر زیرشاخه‌های معاونت بهره‌برداری و سیر و حرکت انجام گیرد که این امر نشانگر گستردگی تأثیر این عامل بر نحوه بهره‌برداری از شبکه است. بدیهی است نحوه عملکرد و برنامه‌ریزی این حوزه در سرعت سیر ناوگان باری و مسافری، میانگین سرعت سیر بازرگانی راه‌آهن، نحوه تعمیر و نگهداری خطوط در حین بهره‌برداری از آن‌ها، اعزام لکوموتیوهای تعمیری جهت رفع عیب به دپوها و به‌طور خلاصه استفاده بهینه از تمامی امکانات و زیرساخت‌های موجود بیشترین تأثیر را در میان سایر حوزه‌ها دارد. به بیان دیگر در صورت تحقق اهداف در تمامی بخش‌ها و عملکرد نامطلوب در حوزه سیر و حرکت، برآیند تمامی اقدامات انجام شده نشان از کاهش حمل و نقل ریلی دارد در حالی که با برنامه‌ریزی صحیح در سیر و حرکت می‌توان از آثار منفی ناکارآمدی و عملکرد نامطلوب حوزه‌های دیگر کاست.

انتخاب زیرساخت به‌عنوان دومین عامل تأثیرگذار بعد از سیر و حرکت ناشی از زیربنایی بودن این حوزه بوده و تا زمانی که بستر مناسب و کارآ نداشته باشیم قادر به استفاده بهینه از یک صنعت نخواهیم بود. راه‌آهن اصولاً یک صنعت گران‌قیمت و پیچیده است. احداث خطوط جدید، تعمیر و نگهداری خطوط، خرید ماشین‌آلات مکانیزه خط، سرویس‌دهی مناسب به صاحبان بار و مسافر، احداث سکوها، تخلیه و بارگیری و غیره از وظایفی هستند که بر عهده حوزه خط و ابنیه هستند و عملکرد صحیح یا غلط در هر یک از این موارد تأثیرات فراوانی در حمل و نقل ریلی دارد. در حال حاضر تأکید فراوانی بر تعمیر و نگهداری خطوط وجود دارد، لذا مسدودی‌های پی‌درپی جهت بازسازی و بهسازی خطوط از یک‌سو و فرسودگی و قدیمی بودن اکثر خطوط ریلی کشور و ایجاد محدودیت در تناژ و سرعت حمل بار از سوی دیگر باعث کاهش میانگین سرعت سیر بازرگانی شده است. طولانی شدن زمان رسیدن کالا به مقصد در بلندمدت باعث عدم رضایت مشتریان و ترجیح آنان برای حمل کالا با جاده شده و باعث کاهش بهره‌وری در بخش ریلی می‌گردد. سکوها، بارگیری و تخلیه، تأسیسات، علائم و... نیز تأثیرات بسزایی در میزان بهره‌وری شبکه ریلی دارند به‌طوری‌که استفاده از تکنولوژی‌های روز دنیا، استانداردسازی

در این مقاله علاوه بر موارد اشاره شده با توجه به استفاده از پرسشنامه جهت جمع‌آوری اطلاعات و اینکه فقط شاخص‌ها در دسترس هستند و به علت ارتباط موجود بین شاخص‌ها استفاده از روش تخصیص خطی مناسب به نظر می‌رسد. بر اساس توضیحات فوق مدل عملیاتی زیر برای مسئله تخصیص رتبه نهایی برحسب جمع‌بندی نظرات با ۲۵ متغیر و ۱۰ محدودیت تدوین شد که از طریق آن به ارزیابی شاخص‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها دست خواهیم یافت.

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & 0.2h_{11} + 0.19h_{12} + 0.22h_{13} + 0.15h_{14} + \\ & 0.25h_{15} + 0.24h_{21} + 0.22h_{22} + 0.18h_{23} + 0.14h_{24} + \\ & 0.03h_{25} + 0.16h_{31} + 0.2h_{32} + 0.2h_{33} + 0.3h_{34} + \\ & 0.26h_{35} + 0.23h_{41} + 0.2h_{42} + 0.2h_{43} + 0.15h_{44} + \\ & 0.11h_{45} + 0.17h_{51} + 0.19h_{52} + 0.2h_{53} + 0.26h_{54} + \\ & 0.36h_{55} \end{aligned}$$

**St:**

$$\begin{aligned} h_{11} + h_{12} + h_{13} + h_{14} + h_{15} &= 1 \\ h_{21} + h_{22} + h_{23} + h_{24} + h_{25} &= 1 \\ h_{31} + h_{32} + h_{33} + h_{34} + h_{35} &= 1 \\ h_{41} + h_{42} + h_{43} + h_{44} + h_{45} &= 1 \\ h_{51} + h_{52} + h_{53} + h_{54} + h_{55} &= 1 \\ h_{11} + h_{21} + h_{31} + h_{41} + h_{51} &= 1 \\ h_{12} + h_{22} + h_{32} + h_{42} + h_{52} &= 1 \\ h_{13} + h_{23} + h_{33} + h_{43} + h_{53} &= 1 \\ h_{14} + h_{24} + h_{34} + h_{44} + h_{54} &= 1 \\ h_{15} + h_{25} + h_{35} + h_{45} + h_{55} &= 1 \end{aligned}$$

صفر یا یک است  $h_{ik}$

در این مدل متغیر تصمیم  $h_{ik}$  بیانگر رتبه تخصیصی  $k$ ام به شاخص موردبررسی  $i$ ام است. پس از حل این مدل با کمک نرم‌افزار لینگو نتایج زیر حاصل گردید.

جدول ۸. اولویت بندی معیارهای اصلی

رتبه	۱	۲	۳	۴	۵
متغیر	$h_{21}$	$h_{42}$	$h_{13}$	$h_{34}$	$h_{55}$
شاخص اصلی	سیر و حرکت	زیرساخت	بازرگانی	ناوگان	نیروی انسانی

## ۴. تجزیه و تحلیل نتایج مدل

انتخاب سیر و حرکت به‌عنوان اولین شاخص تأثیرگذار به این علت است که این مجموعه با توجه به ساختار و شرح وظایف سازمانی، متولی برنامه‌ریزی، هماهنگی، راهبری و حفظ ایمنی شبکه و با بیشترین تأثیرگذاری بر سایر قسمت‌ها به‌عنوان مؤثرترین عامل در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ایفای نقش

فرایندها و مکانیزه نمودن مراحل مختلف انجام کار قطعاً باعث افزایش بهره‌وری خواهد شد. شایان ذکر است که استفاده از فناوری‌های روز دنیا بایستی در کل فرایند حمل و نقل و به صورت کامل اجرا شوند زیرا اجرای ناقص و تک‌بعدی یک فناوری نه تنها باعث بهبود و افزایش بهره‌وری نمی‌گردد بلکه باعث عدم کارایی نیز می‌شود.

سومین عامل مؤثر در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان، بازرگانی و بازاریابی است که بیانگر اهمیت این بخش و جایگاه داخلی و بین‌المللی حمل و نقل ریلی در بالا بردن بهره‌وری شبکه است. راه‌آهن ایران با قرار گرفتن در کریدور بین‌المللی شمال - جنوب و دسترسی به آب‌های آزاد و با توجه به حجم بالای مبادلات کالا در کشورهای تازه استقلال یافته با سایر کشورها و نیاز آن‌ها برای دسترسی به آب‌های آزاد، دارای پتانسیل بالایی در جذب محمولات جهت ترانزیت از مرزهای شمالی به بندرها جنوبی و سایر کشورهای همسایه است که با بسترسازی مناسب و تقویت روابط بین‌المللی بین کشورهای همسایه مهیا می‌شود. بازاریابی یکی از ارکان اساسی کسب درآمد برای راه‌آهن است. تلاش در جهت کشف چشمه‌های بار در مناطقی از شبکه راه‌آهن که بهره‌وری پایینی دارند در روند رو به رشد حمل و نقل ریلی تأثیر به‌سزایی دارد. در حال حاضر از مجموع ۱۶ منطقه موجود فقط ۹ منطقه دارای معادن فعال، پایانه‌های حمل میعانات نفتی، کارخانه‌ها و صنایع هستند و ۷ منطقه دیگر در رکود کاری و عملکرد پایین قرار دارند از این رو ارتقاء قدرت رقابت با سایر شقوق حمل و نقل و توسعه جذب بار در سطح شبکه باید در دستور کار بازاریابی قرار گیرد تا بتوان از ظرفیت کل شبکه بهره برد. شایان ذکر است احداث خطوط جدید در مسیرهایی که فاقد چشمه‌های بار هستند باعث افزایش طول خطوط و هزینه‌های مرتبط شده در حالی که هیچ بازده مالی در بر ندارد و این امر خود باعث کاهش بهره‌وری در کل شبکه ریلی می‌گردد.

بخش ناوگان به دلیل خرید تعداد زیادی لکوموتیو در سال‌های اخیر در اولویت چهارم تأثیرگذاری بر بهره‌وری قرار گرفته است، باین حال عدم تناسب کامل لکوموتیوهای خریداری شده با شرایط اقلیمی و زیرساخت و همچنین فرسودگی ناوگان ریلی (واگن و لکوموتیو)، کماکان تأثیر منفی در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان را دارد. بهره‌وری پایین نیروی کشش نشانگر این موضوع است که لکوموتیوهای موجود دچار توقف

ناخواسته به دلایل نبودن بار، نامتناسب بودن تناژ بار با لکوموتیوهای ناهمگن موجود، کمبود مأمور، عدم امکان اعزام قطار باری به علت ازدیاد قطارهای مسافری و ... شده‌اند. حداکثر توان کشش لکوموتیو در شیب و فرازهای مختلف که از طرف دفتر فنی و مهندسی ناوگان اعلام می‌گردد در صورتی محقق خواهد شد که علاوه بر نظارت بر نحوه صحیح میزان بارگیری و جلوگیری از اضافه بار در حین بارگیری واگن‌ها، لکوموتیو نیز دچار فرسودگی نبوده و با توجه به کلیه پارامترهای فنی شرکت‌های تولیدکننده، اقدام به بهره‌برداری از آن گردد. با در نظر گرفتن عوامل متعدد در تشکیل قطارهای باری و آمار بالای خرابی ناوگان که منجر به خروج نیروی کشش از چرخه حمل و نقل می‌گردد، این مهم پدیدار می‌شود که در صورت لحاظ تخفیف در تناژ قابل حمل لکوموتیوها می‌توان بهره‌وری را افزایش داد.

منابع انسانی بزرگ‌ترین سرمایه هر سازمان است. در راه‌آهن نیز نیروی انسانی متخصص از اهمیت بالایی برخوردار است. بدون آموزش و تربیت نیروهای انسانی مورد نیاز نمی‌توان به اهداف اصلی سازمان دست یافت و با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژی و به‌روز شدن صنعت حمل و نقل ریلی برای رسیدن به جایگاه مناسب در این عرصه باید به آموزش نیروی انسانی بهای بیشتری داده شود. آموزش نه تنها هزینه نیست بلکه سرمایه‌گذاری است که در آینده به صورت مضاعف به سوددهی خواهد رسید.

قرار گرفتن نیروی انسانی در جایگاه پنجم اهمیت همان‌گونه که در بخش زیرساخت نیز اشاره شد به دلیل سنتی و کلاسیک بودن راه‌آهن ایران است. ولی با توجه به لزوم گذر از این مرحله، استفاده از سیستم‌های آموزش نوین، وسایل کمک آموزشی، توسعه فنی مراکز آموزشی، بهره‌مندی از دانش فنی راه‌آهن‌های پیشرفته جهت آشنایی با نحوه راه‌اندازی، عملکرد، تعمیر و نگهداری ناوگان حمل و نقل و سیستم‌های زیرساخت، آشنایی با قوانین و دستورالعمل‌های سیر و حرکت و همچنین استفاده از سیستم‌های مکانیزه و هوشمند با تکیه بر پارامترهای علمی جهت گزینش و استعدادیابی نیروهای جدیدالورود، اجتناب‌ناپذیر است. کت به‌عنوان اولین شاخص تأثیرگذار به این علت است که این مجموعه با توجه به ساختار و شرح وظایف سازمانی، متولی برنامه‌ریزی، هماهنگی، راهبری و حفظ ایمنی شبکه و با بیشترین تأثیرگذاری بر سایر قسمت‌ها

## شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

به‌طوری‌که استفاده از تکنولوژی‌های روز دنیا، استانداردسازی فرایندها و مکانیزه نمودن مراحل مختلف انجام کار قطعاً باعث افزایش بهره‌وری خواهد شد. شایان‌ذکر است که استفاده از فناوری‌های روز دنیا بایستی در کل فرایند حمل‌ونقل و به‌صورت کامل اجرا شوند زیرا اجرای ناقص و تک‌بعدی یک فناوری نه‌تنها باعث بهبود و افزایش بهره‌وری نمی‌گردد بلکه باعث عدم کارایی نیز می‌شود.

سومین عامل مؤثر در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان، بازرگانی و بازاریابی است که بیانگر اهمیت این بخش و جایگاه داخلی و بین‌المللی حمل‌ونقل ریلی در بالا بردن بهره‌وری شبکه است. راه‌آهن ایران با قرار گرفتن در کریدور بین‌المللی شمال - جنوب و دسترسی به آب‌های آزاد و با توجه به حجم بالای مبادلات کالا در کشورهای تازه استقلال یافته با سایر کشورها و نیاز آن‌ها برای دسترسی به آب‌های آزاد، دارای پتانسیل بالایی در جذب محمولات جهت ترانزیت از مرزهای شمالی به بندرها جنوبی و سایر کشورهای همسایه است که با بسترسازی مناسب و تقویت روابط بین‌المللی بین کشورهای همسایه مهیا می‌شود. بازاریابی یکی از ارکان اساسی کسب درآمد برای راه‌آهن است. تلاش در جهت کشف چشمه‌های بار در مناطقی از شبکه راه‌آهن که بهره‌وری پایینی دارند در روند رو به رشد حمل‌ونقل ریلی تأثیر به‌سزایی دارد. در حال حاضر از مجموع ۱۶ منطقه موجود فقط ۹ منطقه دارای معادن فعال، پایانه‌های حمل‌میعانات نفتی، کارخانه‌ها و صنایع هستند و ۷ منطقه دیگر در رکود کاری و عملکرد پایین قرار دارند از این رو ارتقاء قدرت رقابت با سایر شقوق حمل‌ونقل و توسعه جذب بار در سطح شبکه باید در دستور کار بازاریابی قرار گیرد تا بتوان از ظرفیت کل شبکه بهره برد. شایان‌ذکر است احداث خطوط جدید در مسیرهایی که فاقد چشمه‌های بار هستند باعث افزایش طول خطوط و هزینه‌های مرتبط شده درحالی‌که هیچ بازده مالی در بر ندارد و این امر خود باعث کاهش بهره‌وری در کل شبکه ریلی می‌گردد.

بخش ناوگان به دلیل خرید تعداد زیادی لکوموتیو در سال‌های اخیر در اولویت چهارم تأثیرگذاری بر بهره‌وری قرار گرفته است، با این حال عدم تناسب کامل لکوموتیوهای خریداری شده با شرایط اقلیمی و زیرساخت و همچنین فرسودگی ناوگان ریلی (واگن و لکوموتیو)، کماکان تأثیر منفی در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان را دارد. بهره‌وری پایین نیروی کشش نشانگر

به‌عنوان مؤثرترین عامل در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ایفای نقش می‌نماید. همچنین تمامی تغییرات در برنامه حرکت قطارها، تعداد قطار (باری و مسافری)، نوع قطار، سرعت و مدت‌زمان سیر قطارهای اعزامی بایستی با اعمال‌نظر زیرشاخه‌های معاونت بهره‌برداری و سیر و حرکت انجام گیرد که این امر نشانگر گستردگی تأثیر این عامل بر نحوه بهره‌برداری از شبکه است. بدیهی است نحوه عملکرد و برنامه‌ریزی این حوزه در سرعت سیر ناوگان باری و مسافری، میانگین سرعت سیر بازرگانی راه‌آهن، نحوه تعمیر و نگهداری خطوط در حین بهره‌برداری از آن‌ها، اعزام لکوموتیوهای تعمیری جهت رفع عیب به دپوها و به‌طور خلاصه استفاده بهینه از تمامی امکانات و زیرساخت‌های موجود بیشترین تأثیر را در میان سایر حوزه‌ها دارد. به‌بیان‌دیگر در صورت تحقق اهداف در تمامی بخش‌ها و عملکرد نامطلوب در حوزه سیر و حرکت، برآیند تمامی اقدامات انجام‌شده نشان از کاهش حمل‌ونقل ریلی دارد درحالی‌که با برنامه‌ریزی صحیح در سیر و حرکت می‌توان از آثار منفی ناکارآمدی و عملکرد نامطلوب حوزه‌های دیگر کاست.

انتخاب زیرساخت به‌عنوان دومین عامل تأثیرگذار بعد از سیر و حرکت ناشی از زیربنایی بودن این حوزه بوده و تا زمانی که بستر مناسب و کارآ نداشته باشیم قادر به استفاده بهینه از یک صنعت نخواهیم بود. راه‌آهن اصولاً یک صنعت گران‌قیمت و پیچیده است. احداث خطوط جدید، تعمیر و نگهداری خطوط، خرید ماشین‌آلات مکانیزه خط، سرویس‌دهی مناسب به صاحبان بار و مسافر، احداث سکویهای تخلیه و بارگیری و غیره از وظایفی هستند که بر عهده حوزه خط و ابنیه هستند و عملکرد صحیح یا غلط در هر یک از این موارد تأثیرات فراوانی در حمل‌ونقل ریلی دارد. در حال حاضر تأکید فراوانی بر تعمیر و نگهداری خطوط وجود دارد، لذا مسدودی‌های پی‌درپی جهت بازسازی و بهسازی خطوط از یک‌سو و فرسودگی و قدیمی بودن اکثر خطوط ریلی کشور و ایجاد محدودیت در تناژ و سرعت حمل بار از سوی دیگر باعث کاهش میانگین سرعت سیر بازرگانی شده است. طولانی شدن زمان رسیدن کالا به مقصد در بلندمدت باعث عدم رضایت مشتریان و ترجیح آنان برای حمل کالا با جاده شده و باعث کاهش بهره‌وری در بخش ریلی می‌گردد. سکویهای بارگیری و تخلیه، تأسیسات، علائم و ... نیز تأثیرات بسزایی در میزان بهره‌وری شبکه ریلی دارند

## ۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در عصر حاضر نقش حمل‌ونقل در توسعه پایدار امری آشکار و انکارناپذیر محسوب می‌گردد. سهم چشمگیر بخش حمل‌ونقل در تولید ناخالص ملی کشورها حکایت از ارتباط تنگاتنگ تمامی زیر بخش‌های اقتصادی با بخش حمل‌ونقل دارد. بخش‌های حمل‌ونقل اعم از دریایی، هوایی، جاده‌ای و ریلی نقش مهمی در جابجایی و انتقال کالا و مسافر دارند. در عرصه اقتصادی خدمات مناسب، قیمت تمام‌شده، ایمنی و سرعت مؤلفه‌های اصلی رقابت انواع حمل‌ونقل هستند. حمل‌ونقل ریلی به‌عنوان مقرون به‌صرفه‌ترین نوع حمل‌ونقل مزایای غیرقابل‌انکاری از جمله حمل‌انبوه کالا و مسافر، مصرف کمتر سوخت و صرفه‌جویی کلان انرژی، سازگاری با محیط‌زیست، ایمنی بالا دارد که آن را از سایر انواع حمل‌ونقل متمایز می‌سازد.

با توجه به بالا بودن هزینه سرمایه‌گذاری جهت توسعه زیرساخت و ناوگان و دیر بازگشت بودن آن و اهمیت افزایش بهره‌وری با استفاده از ظرفیت‌های موجود در حمل‌ونقل ریلی، این مقاله به شناسایی عوامل مؤثر در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی پرداخته است. استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان نیاز به شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار برافزایش بهره‌وری دارد، در این مقاله با در نظر گرفتن عوامل مطرح‌شده در مقالات بررسی‌شده در مرور ادبیات، مطالعات میدانی و مصاحبه با نخبگان و صاحب‌نظران صنعت ریلی، عوامل مؤثر اولیه شناسایی شده و با تدوین و توزیع پرسشنامه بین کارشناسان داده‌های اولیه جمع‌آوری گردید.

استفاده از روش تخصیص خطی با توجه به اینکه می‌تواند فقط با گرفتن رتبه شاخص‌ها اقدام به مدل‌سازی ریاضی تحت فضای برنامه‌ریزی خطی نماید این امکان را می‌دهد که به تصمیم‌گیری بهینه در نظرسنجی‌ها دست‌یافته و موضوعات غیر کمی که قبلاً در فضای آماری فقط می‌توانست تحلیل شود اکنون در فضای تحقیق در عملیات نیز مورد بهینه‌یابی قرار گیرد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی ریاضی داده‌ها با استفاده از روش تخصیص خطی بیانگر این امر بود که حوزه سیر و حرکت به علت فرا بخشی بودن تأثیرات عملکرد این بخش مؤثرترین عامل در استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان موجود است. دیگر عوامل برحسب میزان تأثیرگذاری به ترتیب زیرساخت،

این موضوع است که لکوموتیوهای موجود دچار توقف ناخواسته به دلایل نبودن بار، نامتناسب بودن تناژ بار با لکوموتیوهای ناهمگن موجود، کمبود مأمور، عدم امکان اعزام قطار باری به علت ازدیاد قطارهای مسافری و ... شده‌اند. حداکثر توان کشش لکوموتیو در شیب و فزاینده‌های مختلف که از طرف دفتر فنی و مهندسی ناوگان اعلام می‌گردد در صورتی محقق خواهد شد که علاوه بر نظارت بر نحوه صحیح میزان بارگیری و جلوگیری از اضافه‌بار در حین بارگیری واگن‌ها، لکوموتیو نیز دچار فرسودگی نبوده و با توجه به کلیه پارامترهای فنی شرکت‌های تولیدکننده، اقدام به بهره‌برداری از آن گردد. با در نظر گرفتن عوامل متعدد در تشکیل قطارهای باری و آمار بالای خرابی ناوگان که منجر به خروج نیروی کشش از چرخه حمل‌ونقل می‌گردد، این مهم پدیدار می‌شود که در صورت لحاظ تخفیف در تناژ قابل‌حمل لکوموتیوها می‌توان بهره‌وری را افزایش داد.

منابع انسانی بزرگ‌ترین سرمایه هر سازمان است. در راه‌آهن نیز نیروی انسانی متخصص از اهمیت بسیاری برخوردار است. بدون آموزش و تربیت نیروهای انسانی موردنیاز نمی‌توان به اهداف اصلی سازمان دست‌یافت و با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژی و به‌روز شدن صنعت حمل‌ونقل ریلی برای رسیدن به جایگاه مناسب در این عرصه باید به آموزش نیروی انسانی بهای بیشتری داده شود. آموزش نه‌تنها هزینه نیست بلکه سرمایه‌گذاری است که در آینده به‌صورت مضاعف به سوددهی خواهد رسید.

قرار گرفتن نیروی انسانی در جایگاه پنجم اهمیت همان‌گونه که در بخش زیرساخت نیز اشاره شد به دلیل سستی و کلاسیک بودن راه‌آهن ایران است. ولی با توجه به لزوم گذر از این مرحله، استفاده از سیستم‌های آموزش نوین، وسایل کمک‌آموزشی، توسعه فنی مراکز آموزشی، بهره‌مندی از دانش فنی راه‌آهن‌های پیشرفته جهت آشنایی با نحوه راه‌اندازی، عملکرد، تعمیر و نگهداری ناوگان حمل‌ونقل و سیستم‌های زیرساخت، آشنایی با قوانین و دستورالعمل‌های سیر و حرکت و همچنین استفاده از سیستم‌های مکانیزه و هوشمند با تکیه بر پارامترهای علمی جهت گزینش و استعدادیابی نیروهای جدیدالورود، اجتناب‌ناپذیر است.

## شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

برای تخصیص منابع در حمل‌ونقل»، پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال نهم، شماره دوم، ص ۱۷۵-۱۹۰.

- رحمانی، امیر، زارعیان، شهیدیه و معینی فر، فاطمه (۱۳۹۲) «تأثیر سیستم حمل‌ونقل ریلی سریع‌السر بر برنامه‌ریزی توسعه فضای کشور»، سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک

- سلطانی، ایرج و صفاتاج علیرضا (۱۳۹۱) «عوامل مؤثر بر خواب ناوگان و راهکارهای استفاده بهینه از وسایط حمل‌ونقل، عوارض خواب‌آلودگی یک حرفه»، سالنامه پایانه‌های کشور

- محمودی، علی (۱۳۷۶) «اقتصاد حمل‌ونقل»، تهران، نشر اقتصاد نو.

- منجم، سعید، محمدی، علی و شربنداران، حمید (۱۳۹۲) «تعیین شاخص بهره‌وری در حمل‌ونقل ریلی»، سومین کنفرانس پیشرفت‌های بین‌المللی اخیر در مهندسی راه‌آهن، ایران، تهران، دانشگاه علم و صنعت

- میربد، امیر و سعیدیان، ماشاالله (۱۳۸۵) «ارائه مدل ارزش راه‌ها با تکیه بر روش AHP و کاربرد آن در GIS»، هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران

- نایی، عرفان حسین و کیانفر، فریدون (۱۳۹۱) «تعیین توالی اعزام و برنامه توقف قطارها در مسیرهای دوخطه به کمک الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی تصادفی تطابقی حریصانه»، پژوهشنامه حمل‌ونقل، دوره نهم، شماره سوم.

- نجفی، اسماعیل (۱۳۹۳) «چالش‌های بخش مسافری در حمل‌ونقل ریلی و حومه‌ای»، شانزدهمین همایش بین‌المللی حمل‌ونقل ریلی

- نصرآزادانی، مسعود (۱۳۹۲) «بررسی نقش نگهداری و تعمیرات بر راندمان حمل‌ونقل ریلی»، هشتمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات

بازرگانی، ناوگان و نیروی انسانی هستند. بر اساس یافته‌های این مقاله توصیه می‌شود نتایج اولویت‌بندی عوامل مؤثر برافزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود، در سیاست‌گذاری‌های کلان سازمان و تخصیص منابع به هریک از عوامل به‌منظور ایجاد تعادل در کارکرد معیارهای مختلف، متناسب با اولویت هر عامل موردتوجه قرار گیرد و تلاش در جهت حذف یا بهبود گلوگاه‌های موجود از اهداف عالی سازمان باشد.

پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی این رویکرد با استفاده از دیگر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و یا با استفاده از منطق فازی توسعه‌یافته به تحلیل مؤلفه‌های مؤثر بر معیارهای اصلی به‌عنوان گزینه‌های تصمیم (شاخص و گزینه‌ها) تعمیم یابد.

## ۶. مراجع

- اصغر پور، محمدجواد (۱۳۹۰) «تصمیم‌گیری‌های چند معیاره»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دهم

- آقاباقری، مصطفی (۱۳۹۱) «ارزیابی و اولویت‌بندی طرح‌های توسعه شبکه ریلی راه‌آهن ج.ا.ایران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره»، پایان‌نامه، دانشگاه علم و صنعت، دانشکده راه‌آهن

- جعفری صمیمی، احمد و طهرانچیان، منصور (۱۳۸۳) «بررسی اثرات سیاست‌های پولی و مالی بهینه بر شاخص‌های عمده اقتصاد کلان در ایران کاربردی از نظریه کنترل بهینه»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ، تابستان ۱۳۸۳.

- خاکی، غلامرضا (۱۳۸۹) «روش تحقیق با رویکرد پایان‌نامه نویسی»، انتشارات مرکز تحقیقات علمی کشور، چاپ ششم

- خاکی، علی منصور و شفیعی، سید مجتبی (۱۳۹۱) «کاربرد اولویت‌بندی تحلیل شبکه‌ای در برنامه‌ریزی آرمانی

- modes using an integrated methodology and an application”; International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 6, No. 2, pp. 277-290.
- Yeh, C-H. and Kuo, Y. L. (2003) “Evaluating passenger services of Asia-Pacific international airports”; Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review, Vol. 39, pp. 35-48.
  - نصرآزادانی، مسعود (۱۳۹۲) «بررسی نقش نگهداری و تعمیرات بر راندمان حمل و نقل ریلی» هشتمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات
  - یقینی، مسعود، نیکویی، نریمان و تمنایی، محمد (۱۳۹۰) «ارائه روشی جهت بررسی راهکارهای افزایش ظرفیت مسیرهای ریلی با استفاده از روش بهینه‌سازی همراه با مطالعه موردی مسیر بادرود - اردکان» پژوهشنامه حمل و نقل، دوره هشتم، شماره اول، ص. ۱۵۹-۱۷۳.
  - Banciu, D. D. M. and Florea, M. C. G. (2009) “Decision support system based on MADM for urban transport management”; Romanian Air Traffic Services Adm. ROMATSA, Bucharest, Romania, Vol. 2, May, pp. 128-130.
  - Lyndon, Henry and Litman T. A. (2011) “Evaluating new start transit program performance, comparing rail and bus” Victoria Transport Policy Institute, June, pp. 1-22.
  - Liu, C. I. (2004) “Automated guided vehicle system for two container yard layouts”; Transportation Research part C: Emerging Technologies, Vol.12, pp. 349-368.
  - McClellan, J. (2010) “Railroad capacity issues”; Decision Support Systems, Vol. 54, Issue 1, pp. 685-692.
  - Otto, S. (2012) “The psychology of transport choice”; Institute for Ecological Economic Research (IOW), pp. 1-4.
  - Tuzkaya, U. R. (2009) “Evaluating the environmental effects of transportation

## شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از ظرفیت ناوگان ریلی

مهدی نخعی نژاد، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸۴ از دانشگاه یزد، درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. در سال ۱۳۹۲ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه تربیت مدرس گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان طراحی سیستم‌های صنعتی (مکانیابی)، زمانبندی و تئوری توالی عملیات، الگوریتم‌های ابتکاری و فرابتکاری در بهینه‌سازی، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه و مدیریت و کنترل پروژه بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه علم و هنر یزد است.



رقیه یگانه، درجه کارشناسی در رشته آمار را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه پیام نور ارومیه و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه علم و هنر اخذ نمود. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه و برنامه‌ریزی در صنعت حمل و نقل ریلی است.

