

کاربرد پژوهش عملیاتی در راه آهن

سید کامران یگانگی*^۱، علی شادمان^۲، نوید اسودی^۳

^۱ استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

^۲ دانشجو کارشناسی ارشد، گروه مدیریت، واحد زنجان، دانشگاه آزاد زنجان، زنجان، ایران.

^۳ دانشجو کارشناسی ارشد، گروه مدیریت، واحد زنجان، دانشگاه آزاد زنجان، زنجان، ایران.

* نویسنده مسئول

چکیده

توسعه زیر ساختهای حمل و نقل یکی از نیازهای اساسی کشور می باشد. معیار هایی از قبیل سرعت، راحتی، ایمنی و قابلیت اعتماد و آماده به کاری سیستم حمل و نقل از شاخصهای مهم ارزیابی سیستم ها توسط مسافرین و صاحبان کالا جهت انتخاب حمل و نقل مناسب می باشد. دستیابی به شاخصهای فوق 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 می باشد. 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.

کلمات کلیدی: پژوهش عملیاتی، راه آهن، حمل و نقل

۱-مقدمه

بررسی نظام های حمل و نقل در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه نشان می دهد که حمل و نقل ریلی در مقایسه با دیگر نظام های حمل و نقلی از جهت امنیت، مصون تر و به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر می باشد. بدین لحاظ کشورهای پیشرفته توجه زیادی به حمل و نقل ریلی داشته و همواره درصدد رشد این صنعت با استفاده از راهکارهای مناسب می باشند. با این حال حمل و نقل ریلی در ایران به دلیل ماهیت ذاتی اش مانند انعطاف پذیری محدود و ساختارهای زیربنایی سرمایه و همچنین روش اداره در این نظام مانند دولتی بودن، انحصاری بودن و در نتیجه رقابت ناپذیری و فقدان مشتری محوری پیشرفت چندانی نداشته است. لذا به نظر می رسد که پویایی نظام حمل و نقل ریلی در ایران نیازمند نگاهی جدید و ساختاری به این نظام می باشد و در این نگاه ساماندهی حمل و نقل ریلی به عنوان مهمترین اولویت در خور توجه خواهد بود.

بخش صنعت شامل واحدهای تولیدی، کشاورزی، معدن و ساخت وساز ۵۲٪، بخش حمل و نقل شامل جابجایی افراد از طریق جاده، راه آهن، خطوط هوایی و دریایی ۲۷٪، بخش مسکونی شامل مصارف خانگی شهروندان ۱۴٪ و سرانجام واحدهای تجاری شامل موسسات بازرگانی، سازمانها و نهادهای ارائه دهنده خدمات ۷٪ از کل انرژی تولیدی جهان را به خود اختصاص داده اند. حمل و نقل را می توان به عنوان قلب جریان توسعه و واسطه میان فعالیت های کشاورزی، صنعتی، بازرگانی و خدماتی دانست. حمل و نقل در توزیع درآمدها و کاهش نابرابری های اقتصادی و اجتماعی و کاهش آثار فقر و اختلاف درآمد روستائیان و شهرنشینان نقشی موثر دارد. بعضی کاربردهای مطرح شده در بخش حمل و نقل که در چهار گروه مدیریت سیستمهای حمل و نقل، مدیریت تقاضا فناوری اطلاعات در بخش حمل و نقل و سیستمهای حمل و نقل هوشمند آورده شد، اجرای آنها عملاً غیرممکن یا با مشکلات زیادی روبرو است (شمسی و همکاران، ۱۳۹۹). بخش حمل و نقل از جمله بخش های زیر بنایی اقتصاد هر کشور است که فعالیت های آن نه تنها فرآیند توسعه اقتصادی یک کشور را تحت تأثیر قرار میدهد بلکه خود نیز در جریان توسعه اقتصادی یک جامعه تغییر و تحولات کمی و کیفی فراوانی را تجربه میکند. اما تأثیر این بخش بر فرآیند از تأثیر آن بر توسعه اقتصادی است. از این رو شرایط و موقعیت این بخش، یکی از شاخص های مهم سطح توسعه یافتگی، و از جمله عوامل تعیین کننده روند تحولات آن محسوب میشود. به عبارتی حمل و نقل را پایه های پلی دانسته اند که انقلاب صنعتی بر روی آن استوار است. باز شدن بازارهای تازه برای کالاهای تولیدی یک جامعه و یا فراهم آمدن بازارهای جدید تأمین مواد اولیه و وابسته می تواند شدیداً بر جریان رشد اقتصادی یک منطقه مؤثر باشد، که از جمله عوامل الزام برای این کار، داشتن و توجه کردن به شبکه های ارتباطی حمل و نقل می باشد. گستردگی منحصر به فرد فعالیتهای گوناگونی که در این بخش انجام می گیرد، سرمایه بری نسبتاً بالای این فعالیت ها در مقایسه با سایر فعالیت های زیر بنایی و تحولات سریع تکنولوژیکی در آن، پیوند و ارتباط بخش حمل و نقل را با فرآیند توسعه اقتصادی - اجتماعی، آنچنان حساس و پیچیده می سازد، که اصولاً توجه مستمر به روند فعالیت ها و تدوین اهداف، برنامه ها و اجرای سیاست های مناسب و هماهنگ با فرآیند توسعه ملی و زیر بخش های حمل و نقل را امری اجتناب ناپذیر می سازد. به موجب گزارش کارشناسان و حسابداران صنعتی، تقریباً نیمی از قیمت تمام شده کالاها مربوط به هزینه های حمل و نقل می باشد، که به طور کلی شامل حمل مواد به کارخانه، ارسال کالا ساخته شده به انبار، و نهایتاً عرضه به بازار تا رسیدن به دست مصرف کننده میباشد (آجاجانی، ۱۳۷۴).

امروزه اکثر جمعیت ساکن در دنیا، در نواحی شهری زندگی می کنند. به همین ترتیب مسائل بهداشتی و زیست محیطی مرتبط با حمل و نقل شهری، همچون آلودگی هوا، آلودگی صوتی، مصرف فزاینده انرژی و کاسته شدن از میزان منابع انرژی های تجدید ناپذیر، در شهرها و حومه آنها بایستی به نحوی ساماندهی شوند که سرویس دهی و فعالیت هایی که در زندگی روزمره به آنها احتیاج دارند نه تنها دسترسی مناسبی پیدا کنند بلکه برای آیندگان نیز شرایط مطلوب زندگی را رقم بزنند و این دسترسی با کمترین تأثیرات منفی روی محیط همراه باشد (شهیری پارسا و بدیعی، ۱۳۹۱). همچنین توجه به مسائل زیست محیطی و مسأله انرژی و نیز میزان مرگ و میر ناشی از تصادفات جاده ای باعث شده بسیاری از دولت ها با توجه به افزایش تقاضای حمل و نقل به فکر بهینه سازی استفاده از تکنولوژی های پیشرفته شبکه های ریلی موجود بیفتند، و در این راستا اقدام به استفاده از تکنولوژی

پیشرفته خطوط سریع السیر نمایند. بخش حمل و نقل سهم عمده ای در تولید آلاینده ها دارد که کمترین هزینه آیندگی مربوط به بخش حمل و نقل ریلی است. حوزه حمل نقل علاوه بر آنکه یک صنعت بزرگی است و سهم مهمی را از تولید ناخالص ملی بر دوش می کشد از سوی دیگر هم در تحولات اجتماعی نقش مهمی را ایفا میکند و همچنین کنش های جدی بامحیط زیست دارد. لذا هر نوع آینده نگری در این حوزه باید بر فرض پایداری متکی شود (عطاری و همکاران ۱۳۹۲)

نکات مهمی در زمینه ضرورت آینده پژوهی در صنعت حمل ریلی وجود دارد که از جمله آنها عبارتند از ۱- اهمیت حمل و نقل ریلی با توجه به پراکندگی جمعیت و صنایع مختلف در ایران همواره نیاز به یک شبکه حمل و نقل گسترده، کامل و منظم در کشور احساس گردیده است. به دلیل اولویت های استراتژیک، کلیدی و مزایای نسبی حمل و نقل ریلی به جاده ای و همچنین توسعه مسیره های جاده ای و محدودیت منابع، توسعه حمل و نقل ریلی در اولویت کاری کشور قرار گرفته است. خاور میانه منطقه ای لجستیکی محسوب می شود، رشد اقتصادی در این منطقه بالاتر از میانگین جهانی بوده و پیش بینی می شود نرخ رشد اقتصادی خاور میانه در دهه آتی به بیش از ۲/۴ درصد برسد. این رشد فرامنطقه ای می تواند منجر به تغییرات تجاری مثبت و ایجاد ثبات جوی در راستای توسعه حمل و نقل ریلی ایران گردد.

مطالعات ادبیات

پژوهش عملیاتی

اولین مطالعات تابع تقاضای حمل و نقل ریلی مطالعات کرافت در سال ۱۹۶۰ و فیشر در سال ۱۹۷۵ بوده است. مطالعات کرافت بررسی اثر کرایه، زمان سفر، جمعیت، درآمد را برای سیستم های حمل و نقل ریلی، اتومبیل و اتوبوس بصورت جداگانه مورد بررسی قرار داده بود و فیشر علاوه بر متغیرهای فوق به اثر مالکیت نیز پرداخت آرتور گروئن در سال ۱۹۸۰ برای مترو واشنگتن تابع تقاضای برآورد کرد. وی درآمد سرانه را علاوه بر کرایه و زمان سفر به مدل خود اضافه کرد. رامامهان و این سری رامان در هندوستان بین سال های ۱۹۸۳ و ۱۹۸۴ با بکارگیری یک الگوی رگرسیون خطی تابع تقاضای مسافری را با استفاده از دو متغیر ارزش افزوده بخش کشاورزی و ارزش افزوده بخش صنعت برآورد کرده اند (جانکینز و همکاران ۱۹۸۱) از روش ARIMA در تحلیل حمل و نقل راه آهن و هواپیما میان لندن و اسکاتلند استفاده کردند.

یکی از مشکلات و تنگنا های حمل و نقل ریلی ارتباط بین دو ایستگاه است و این مساله می تواند حمل و نقل از مبدأ به مقصد واقعی نباشد. این مشکل در خصوص حمل و نقل هوایی و دریایی نیز وجود دارد از این رو ارائه خدمات به اشخاص تاثیر قابل ملاحظه ای در روی آوردن افراد به یک شیوه حمل و نقل دارد. قسمتی از مطالعات صورت گرفته در خصوص برآورد تابع تقاضای حمل و نقل ریلی به تاثیر ارائه خدمات در تقاضای حمل و نقل مورد بستگی دارد. واردمن در سال ۱۹۹۴ به تاثیر ارائه خدمت در حمل و نقل ریلی در انگلستان می پردازد. واردمن و همکاران در سال ۱۹۹۷ در مقاله ای دیگر به تاثیر این خدمات به راه آهن در مقایسه با اتومبیل می پردازند. ویتدر سال ۱۹۹۷ با استفاده از داده های جامعه ایالات متحده به تاثیر این خدمات بر حمل و نقل ریلی پرداخته است. وارسینگ و کومراجه در سال ۱۹۹۸ به نقاط ضعف توابع تقاضای حمل و نقل ریلی در کشورهای در حال توسعه پرداخته اند. فیتزوری و اسمیت در سال ۱۹۹۸ با استفاده از آمار سری زمانی ۱۴ کشور اروپایی به برآورد تابع تقاضایی اقدام کرده اند و با تکنیک همگرایی یکسان اثر متغیرهایی همچون GDP سرانه، قیمت حمل و نقل ریلی، تکرار (نسبت کیلومتر - قطار به طول مسیر)، چگالی مسیر (نسبت کیلومتر مسیر راه آهن به کیلومتر مربع مساحت کشور)، قیمت نفت را بر تقاضا برآورد کرده اند کاشترشتاوناک در سال ۲۰۰۰ با استفاده از مدل اقتصاد سنجی VAR تابع تقاضای حمل و نقل غیر حاشیه شهری در هندوستان را برآورد کرده اند. (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۶)

تا پایان سال ۲۰۲۰، ۴۵ شهر سیستم حمل و نقل ریلی شهری (URT) را در سرزمین اصلی چین آغاز کردند. تعداد ایستگاه های عملیاتی و مسافت پیموده شده عملیاتی به ترتیب ۴۶۸۱ و ۷۹۶۹٫۷ کیلومتر بود سیستم URT ستون فقرات است سیستم حمل و نقل عمومی در کلان شهرهای چین که رفت و آمد روزانه مسافران را بسیار تسهیل کرده است. با این حال، سیستم URT در سرزمین اصلی چین با چالش های شدید ناشی از محیط عملیاتی پیچیده تر مواجه است. به عنوان مثال، در ژانویه ۲۰۱۳، خروج

قطار از ریل در سیستم متروی کونمینگ رخ داد که منجر به مرگ و میر شد. یک آسیب [۲]. در آوریل ۲۰۱۵، یک اختلال ازدحام انسانی در ایستگاه Huangbeiling در سیستم متروی شنژن منجر به ۹ جراحت غیر کشنده [۳] شد. در ژانویه ۲۰۱۸، قطارهای خط ۲ متروی شیآن بیش از ۲۰ بار تاخیر داشتند. (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۶)

در ژانویه ۲۰۱۹، خرابی تجهیزات در متروی شانگهای خط ۱۲ باعث شد قطارهای این خط بیش از ۱۵ دقیقه تاخیر داشته باشند. در خاموشی سیستم متروی ووهان [۶]. این اغتشاشات به طور قابل توجهی بر عملکرد عادی دستگاه تأثیر گذاشت سیستم URT بنابراین، ارزیابی و افزایش توانایی سیستم URT برای پاسخگویی به اختلالات مهم است رقابت در مسیر یک پدیده جدید در بازار راه آهن است که در آن اپراتورها در یک خط به رقابت می پردازند. برای مسافران اصلاحات مشابه در بازار اتوبوس در برخی موقعیتها باعث ایجاد رقابت شدید و ناپایدار رقابت و در نهایت بازگشت به انحصار شده است. بنابراین نگرانی هایی در مورد چگونگی قیمت ها، فرکانس ها، حجم سفرها مطرح شده است و رفاه اجتماعی به طور کلی توسعه یابد. تصمیم گیری در مورد زمان حرکت و فرکانس خدمات. ترفندهای رویه های نظارتی بهینه را تغییر می دهد. (فولادوند، ۱۴۰۲)

استراتژی های فعالان بازار و به نوبه خود رفاه اجتماعی و سایر نتایج. با فرض اینکه تنظیم کننده تلاش می کند برای دستیابی به تعادل بازار باثبات و رفاه اجتماعی بالا از طریق رقابت در راه آهن، ما یک مدل شبیه سازی با پارامترهای واقعی را پیشنهاد می کنیم که در آن اپراتورها در فرکانس و قیمت رقابت می کنند. این مدل را برای تسهیل مقایسه بین تنظیمات نظارتی مختلف، از جمله بازار دو قطبی ساخته شده است تنظیم کننده زمان خروج را اختصاص می دهد. انحصار بیشینه سازی سود؛ تعداد زیادی از رقبای و دیگران. آی تی همچنین شامل سناریوهای معیار، مانند حداکثرسازی رفاه بدون محدودیت یارانه است. (فولادوند، ۱۴۰۲)

پیشینه پژوهش

یگانگی و شهریار (۱۴۰۱) در تحقیقی با عنوان کاربرد پژوهش عملیات در صنعت حمل و نقل به این نتیجه رسید که مهم ترین مسئلهای که در مقابل هر مدیر سازمانی قرار دارد، این است که چگونه منابع محدود موجود خود را به بهترین نحو ممکن تخصیص دهد. معمولاً منابع محدودی که در اختیار هر مدیری قرار دارد عبارتند از: سرمایه، مواد اولیه، ماشین آلات و وسایل مورد لزوم آن، مکان، زمان و نیروی انسانی است. سعی و کوشش مدیران بنگاههای تولیدی و تجاری این است که با توجه به محدودیتهای منابع موجود، بتوانند سود و عایدی عملیات موسسه خود را تا مقدار قابل قبول و معقولی افزایش دهند. تحقیق در عملیات به عنوان ابزاری مناسب در جهت مدیریت سیستمها، فرآیند تصمیم گیری و ارائه راهکارهای مناسب در جهت برنامه ریزی به کار می رود با توجه به کمبود منابع و ارزش بالای آن لزوم تخصیص بهینه امکانات و منابع ضروری است.

رحیمی و معصوم زاده (۱۳۹۸)، تحقیقی با عنوان عوامل مؤثر بر موفقیت پروژه های انتقال فناوری در صنایع حمل و نقل ریلی ایران انجام داده اند. همچنین این پژوهش به منظور شناخت موانع و تنگناها و ارائه راهکارهای مورد نیاز برای تقویت فعالیت های نوآورانه در فرایند فوق انجام گرفته است. روش تحقیق از نوع کاربردی و پیمایشی بوده و از روش تحلیل توصیفی و استنباطی استفاده شده است. همچنین برای رتبه بندی داده ها آزمون فریدمن به کار گرفته شده است. نتایج حاصل از آزمون فرضیه ها در جامعه آماری نشان داد که عوامل تأثیرگذار بر فرایند مؤثر انتقال فناوری از قبیل "وجود ظرفیت مناسب جذب فناوری" و "زیرساخت سخت افزاری و نرم افزاری فناوری" و "تقسیم کار و مسئولیتها در تیم دریافت کننده فناوری" در شرایط به نسبت مناسبی قرار دارد و تأثیر قابل توجهی در امر انتقال موفق فناوری داشته است؛ لیکن عامل "آموزش نیروی انسانی و ایجاد مهارت لازم در امر انتقال" در شرایط نامناسبی قرار دارد و نیاز به اصلاح و بهبود این موضوع در صنعت مورد مطالعه، اجتناب ناپذیر است.

اشکی و قربانی (۱۳۹۵)، تحقیقی با عنوان مدل سازی سیستم های حمل و نقل ریلی با استفاده از شبکه پتری رنگی ارائه داده اند. مدل سازی و شبیه سازی کاربرد وسیعی در شبکه های حمل و نقل دارد. در واقع با استفاده از این تکنیکها، یک سیستم قبل از احداث یعنی در مرحله طراحی و بعد از راه اندازی یعنی در مرحله بهره برداری مورد مطالعه قرار گرفته و خصوصیات و رفتار آن مدل میشود. شبکه های پتری از جمله ابزارهای مفید برای مدلسازی و تحلیل شبکه های پیچیده هستند. در این روش ابتدا رفتار و خصوصیت شبکه ریلی را با استفاده از شبکه های پتری مدل میکنیم و سپس با استفاده از تکنیک های موجود، مدل بدست آمده

را تحلیل میکنیم. در این مقاله سعی شده است یک مدل دقیق از اجزا اصلی خطوط راه آهن ارائه گردد و سپس با استفاده از تکنیکهای مدل سازی، برای یک سیستم ریلی نمونه شبکه پتری طراحی گردد. که شبکه ریلی را به مکان، گذر و کمان مدل کند. این مدل قادر به نمایش وضعیت بلاکهای خط و کنشهای بین آنها میباشد. از طرفی برای برآوردن الزامات ایمنی و بهره برداری در شبکه پتری مدل شده، کمانهایی در نظر گرفته شده است که نقش کنترل نظارتی مبتنی بر شبکه پتری داشته و این الزامات را برآورده نماید.

چن و همکاران (۲۰۲۲)، تحقیقی با عنوان ارزیابی تاب آوری شبکه حمل و نقل ریلی شهری ارائه داده اند. مطالعات موجود به ندرت ساختار شبکه و تقاضای سفر مسافر را به طور مشترک در نظر می گیرند، و فرضیات غیرعملی خاصی به طور کلی برای ارزیابی انعطاف پذیری شبکه حمل و نقل ریلی شهری (URT) در نظر گرفته می شوند. برای رسیدگی به محدودیت های ذکر شده در بالا، ما یک شاخص عملکرد به نام شاخص تقاضا-امپدانس (DI) پیشنهاد کرده ایم که در آن تقاضا و امپدانس توسط سفرهای مسافر و زمان سفر منعکس می شود. با در نظر گرفتن مسیرهای سفر موثر (ETPs) و رفتار انتخاب مسیر مسافران، ما یک مرکزیت گره به نام بین مسیر موثر (EPB) را با تغییر مرکزیت بین (BC) برای ارزیابی اهمیت ایستگاه ها پیشنهاد کرده ایم. منحنی عملکرد یک شبکه URT در طول فرآیندهای حمله و تعمیر با استفاده از نشانگر DI به تصویر کشیده شده است و یک متریک انعطاف پذیری اصلاح شده با مراجعه به مثلث انعطاف پذیری فرموله می شود. کاربرد مدل در شبکه مترو چنگدو نشان می دهد که ضریب همبستگی بین EPB و BC ایستگاه ها ۰٫۹۰۱ است، که نشان می دهد ایستگاه هایی با EPB بالاتر تمایل به داشتن BC بالاتر دارند. شبکه متروی چنگدو در برابر اختلالات تصادفی انعطاف پذیری بالاتری نسبت به اختلالات مخرب نشان می دهد. مدت زمان اختلال، زمان تحمل مسافران و توانایی نجات در شبکه مترو چنگدو به طور قابل توجهی بر انعطاف پذیری آن تأثیر می گذارد. چندین پیشنهاد عملی شامل مدیریت اغتشاشات، کوتاه کردن زمان واکنش اضطراری، ارائه خدمات مسافری، و بهبود توانایی نجات اضطراری برای مدیریت سیستم متروی چنگدو در شرایط اختلال ارائه شده است.

مارتین و همکاران (۲۰۱۸)، تحقیقی با عنوان برنامه ریزی حمل و نقل ریلی در صنایع شیمیایی ارائه داده اند. حمل و نقل ریلی از مواد خام و مواد نیمه رسانای اصلی در تدارکات شیمیایی است. در این مقاله، یک برنامه ریزی حمل و نقل ریلی برای مواد شیمیایی پیشنهاد شده است. هدف این است که طرح های حمل و نقل برای مواد شیمیایی و ماشین های راه آهن را تولید کند تا تقاضای محصول کامل شود و هزینه کل تدارکات به حداقل برسد. برای حل این مشکل، اکتشافات بر اساس تجزیه افق نورد پیشنهاد شده است. یک مطالعه موردی نشان دهنده کاربرد اکتشافات است. نتایج نشان می دهد که راه حل های نزدیک به مطلوب می تواند به سرعت توسط اکتشافی ها تولید شود. بنابراین، یک وسیله برای حمل و نقل مدیران ارائه می شود که به آنها کمک می کند تا بهینه سازی روند تدارکات شیمیایی.

آنیس و گاید (۲۰۱۸)، تحقیقی با عنوان مطالعه مدل سازی و استقامت شبکه های حمل و نقل ریلی با استفاده از شبکه های پتری زماندار ارائه داده اند. مطالعه مدل سازی و استقامت شبکه های حمل و نقل ریلی با استفاده از شبکه های پتری زماندار، سیستم های حمل و نقل عمومی روز به روز اهمیت بیشتری می یابند. این سیستم ها باید پاسخگوی تقاضای فزاینده برای جابه جایی جمعیت و ازدحام ترافیکی باشند. شبکه های حمل و نقل ریلی می توانند به عنوان سیستم های رویداد گسسته (DES) با محدودیت های زمانی در نظر گرفته شوند. عامل زمان یک پارامتر حیاتی است، زیرا شامل داده هایی است که باید به منظور جلوگیری از همپوشانی، تأخیر و برخورد بین قطارها لحاظ شوند. شبکه های پتری زماندار به عنوان ابزارهای قدرتمند مدل سازی و تجزیه و تحلیل برای سیستم های حمل و نقل ریلی شناخته شده اند. اختلالات زمانی در این سیستم ها شامل زیرساخت های ریلی، مدیریت ترافیک و اختلالات (آب و هوا، موانع در مسیر، تخریب، جنبش اجتماعی، و غیره) است. پیشرفت های ارائه شده در این مقاله به مدل سازی و بررسی استقامت سیستم های حمل و نقل ریلی به منظور ارزیابی ثبات و کارایی این شبکه ها اختصاص داده شده اند. در این مقاله دو استراتژی قدرتمند کنترل در جهت اختلالات زمانی ارائه شده است. اولین استراتژی شامل جبران این اختلال به محض مشاهده آن به منظور جلوگیری از نقض محدودیت ها است. دومین استراتژی، این امکان را فراهم می سازد تا

با کنترل، یک تاخیر زمانی یکسان با این اختلال به منظور اجتناب از نابودی علائم در سطوح تحولات هماهنگ با مدل شبکه پتری زماندار ایجاد شود.

خلاصه ای از پیشینه تحقیقات

ردیف	محقق / محققین	سال انتشار	موضوع و نتیجه تحقیق
۱	یگانگی و شهریار	۱۴۰۱	در تحقیقی با عنوان کاربرد پژوهش عملیات در صنعت حمل و نقل به این نتیجه رسید که مهم ترین مسئله‌های که در مقابل هر مدیر سازمانی قرار دارد، این است که چگونه منابع محدود موجود خود را به بهترین نحو ممکن تخصیص دهد. معمولاً منابع محدودی که در اختیار هر مدیری قرار دارد عبارتند از: سرمایه، مواد اولیه، ماشین آلات و وسایل مورد لزوم آن، مکان، زمان و نیروی انسانی است. سعی و کوشش مدیران بنگاههای تولیدی و تجاری این است که با توجه به محدودیتهای منابع موجود، بتوانند سود و عایدی عملیات موسسه خود را تا مقدار قابل قبول و معقولی افزایش دهند. تحقیق در عملیات به عنوان ابزاری مناسب در جهت مدیریت سیستمها، فرآیند تصمیم گیری و ارائه راهکارهای مناسب در جهت برنامه‌ریزی به کار می‌رود با توجه به کمبود منابع و ارزش بالای آن لزوم تخصیص بهینه امکانات و منابع ضروری است.
۲	رحیمی و معصوم زاده	۱۳۹۸	تحقیقی با عنوان عوامل مؤثر بر موفقیت پروژه‌های انتقال فناوری در صنایع حمل و نقل ریلی ایران انجام داده اند. همچنین این پژوهش به منظور شناخت موانع و تنگناها و ارائه راهکارهای مورد نیاز برای تقویت فعالیت‌های نوآورانه در فرایند فوق انجام گرفته است. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها در جامعه آماری نشان داد که عوامل تأثیرگذار بر فرایند مؤثر انتقال فناوری از قبیل "وجود ظرفیت مناسب جذب فناوری" و "زیرساخت سخت افزاری و نرم افزاری فناوری" و "تقسیم کار و مسئولیت‌ها در تیم دریافت کننده فناوری" در شرایط به نسبت مناسبی قرار دارد و تأثیر قابل توجهی در امر انتقال موفق فناوری داشته است؛ لیکن عامل "آموزش نیروی انسانی و ایجاد مهارت لازم در امر انتقال" در شرایط نامناسبی قرار دارد و نیاز به اصلاح و بهبود این موضوع در صنعت مورد مطالعه، اجتناب ناپذیر است.
۳	اشکی و قربانی	۱۳۹۵	در تحقیقی با عنوان مدل سازی سیستم های حمل و نقل ریلی با استفاده از شبکه پتری رنگی ارائه داده اند. مدل سازی و شبیه سازی کاربرد وسیعی در شبکه های حمل و نقل دارد. در واقع با استفاده از این تکنیکها، یک سیستم قبل از احداث یعنی در مرحله طراحی و بعد از راه اندازی یعنی در مرحله بهره برداری مورد مطالعه قرار گرفته و خصوصیات و رفتار آن مدل میشود. شبکه های پتری از جمله ابزارهای مفید برای مدل سازی و تحلیل شبکههای پیچیده هستند. در این روش ابتدا رفتار و خصوصیت شبکه ریلی را با استفاه از شبکه های پتری مدل میکنیم و سپس با استفاده از تکنیک های موجود،

<p>مدل بدست آمده را تحلیل میکنیم. در این مقاله سعی شده است یک مدل دقیق از اجزا اصلی خطوط راه آهن ارائه گردد و سپس با استفاده از تکنیکهای مدلسازی، برای یک سیستم ریلی نمونه شبکه پتری طراحی گردد. که شبکه ریلی را به مکان، گذر و کمان مدل کند. این مدل قادر به نمایش وضعیت بلاکهای خط و کنشهای بین آنها میباشد. از طرفی برای برآوردن الزامات ایمنی و بهره برداری در شبکه پتری مدل شده، کمانهایی در نظر گرفته شده است که نقش کنترل نظارتی مبتنی بر شبکه پتری داشته و این الزامات را برآورده نماید.</p>			
<p>در تحقیقی با عنوان ارزیابی تاب آوری شبکه حمل و نقل ریلی شهری ارائه داده اند. مطالعات موجود به ندرت ساختار شبکه و تقاضای سفر مسافر را به طور مشترک در نظر می گیرند، و فرضیات غیرعملی خاصی به طور کلی (در نظر URT برای ارزیابی انعطاف پذیری شبکه حمل و نقل ریلی شهری) گرفته می شوند. برای رسیدگی به محدودیت های ذکر شده در بالا، ما یک (پیشنهاد کرده ایم که DI شاخص عملکرد به نام شاخص تقاضا-امپدانس) در آن تقاضا و امپدانس توسط سفرهای مسافر و زمان سفر منعکس می شود. (و رفتار انتخاب مسیر ETPs با در نظر گرفتن مسیرهای سفر موثر) (را با تغییر EPB مسافران، ما یک مرکزیت گره به نام بین مسیر موثر) (برای ارزیابی اهمیت ایستگاه ها پیشنهاد کرده ایم. BC مرکزیت بین) در طول فرآیندهای حمله و تعمیر با URT منحنی عملکرد یک شبکه به تصویر کشیده شده است و یک متریک DI استفاده از نشانگر انعطاف پذیری اصلاح شده با مراجعه به مثلث انعطاف پذیری فرموله می شود. کاربرد مدل در شبکه مترو چنگدو نشان می دهد که ضریب همبستگی بین ایستگاه ها ۰,۹۰۱ است، که نشان می دهد ایستگاه هایی با BC و EPB بالاتر دارند. شبکه متروی چنگدو در برابر BC بالاتر تمایل به داشتن EPB اختلالات تصادفی انعطاف پذیری بالاتری نسبت به اختلالات مخرب نشان می دهد. مدت زمان اختلال، زمان تحمل مسافران و توانایی نجات در شبکه مترو چنگدو به طور قابل توجهی بر انعطاف پذیری آن تأثیر می گذارد. چندین پیشنهاد عملی شامل مدیریت اغتشاشات، کوتاه کردن زمان واکنش اضطراری، ارائه خدمات مسافری، و بهبود توانایی نجات اضطراری برای مدیریت سیستم متروی چنگدو در شرایط اختلال ارائه شده است</p>	۲۰۲۲	چن و همکاران	۳
<p>در تحقیقی با عنوان برنامه ریزی حمل و نقل ریلی در صنایع شیمیایی ارائه داده اند. حمل و نقل ریلی از مواد خام و مواد نیمه رسانای اصلی در تدارکات شیمیایی است. در این مقاله، یک برنامه ریزی حمل و نقل حمل و نقل ریلی برای مواد شیمیایی پیشنهاد شده است. هدف این است که طرح های حمل و نقل برای مواد شیمیایی و ماشین های راه آهن را تولید کند تا تقاضای محصول کامل شود و هزینه کل تدارکات به حداقل برسد. برای حل</p>	۲۰۱۸	مارتین و همکاران	۴

<p>این مشکل، اکتشافات بر اساس تجزیه افق نورد پیشنهاد شده است. یک مطالعه موردی نشان دهنده کاربرد اکتشافات است. نتایج نشان می دهد که راه حل های نزدیک به مطلوب می تواند به سرعت توسط اکتشافی ها تولید شود. بنابراین، یک وسیله برای حمل و نقل مدیران ارائه می شود که به آنها کمک می کند تا بهینه سازی روند تدارکات شیمیایی</p>			
<p>در تحقیقی با عنوان مطالعه مدل سازی و استقامت شبکه های حمل و نقل ریلی با استفاده از شبکه های پتری زماندار ارائه داده اند. مطالعه مدل سازی و استقامت شبکه های حمل و نقل ریلی با استفاده از شبکه های پتری زماندار، سیستم های حمل و نقل عمومی روز به روز اهمیت بیشتری می یابند. این سیستم ها باید پاسخگوی تقاضای فزاینده برای جابه جایی جمعیت و ازدحام ترافیکی باشند. شبکه های حمل و نقل ریلی می توانند به (با محدودیت های زمانی در نظر DES عنوان سیستم های رویداد گسسته) گرفته شوند. عامل زمان یک پارامتر حیاتی است، زیرا شامل داده هایی است که باید به منظور جلوگیری از همپوشانی، تاخیر و برخورد بین قطارها لحاظ شوند. شبکه های پتری زماندار به عنوان ابزارهای قدرتمند مدل سازی و تجزیه و تحلیل برای سیستم های حمل و نقل ریلی شناخته شده اند. اختلالات زمانی در این سیستم ها شامل زیرساخت های ریلی، مدیریت ترافیک و اختلالات (آب و هوا، موانع در مسیر، تخریب، جنبش اجتماعی، و غیره) است. پیشرفت های ارائه شده در این مقاله به مدل سازی و بررسی استقامت سیستم های حمل و نقل ریلی به منظور ارزیابی ثبات و کارایی این شبکه ها اختصاص داده شده اند. در این مقاله دو استراتژی قدرتمند کنترل در جهت اختلالات زمانی ارائه شده است. اولین استراتژی شامل جبران این اختلال به محض مشاهده آن به منظور جلوگیری از نقض محدودیت ها است. دومین استراتژی، این امکان را فراهم می سازد تا با کنترل، یک تاخیر زمانی یکسان با این اختلال به منظور اجتناب از نابودی علائم در سطوح تحولات هماهنگ با مدل شبکه پتری زماندار ایجاد شود.</p>	۲۰۱۸	آنیس و گاید	

یافته های پژوهش

بخش حمل و نقل حلقه واسطه اجتناب ناپذیر کلیه عرصه های اقتصادی بوده و به اعتباری چرخه تکاملی ارزش افزوده در پیکره نظام اقتصادی بر بست شریانهای بخش حمل و نقل صورت می گیرد به عبارت دیگر فرآیند شکل گیری ارزش افزوده تمامی فعالیتهای اقتصادی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم از فعالیت های بخش حمل و نقل متاثر می شود به طوری که حتی یک فعالیت اقتصادی را هم نمی توان یافت که در طول چرخه خود از خدمات عرضه شده بخش حمل و نقل بهره مند نشده باشد. در واقع توسعه بخش های مهم اقتصادی کشور از جمله صنعت و کشاورزی بدون توسعه بخش حمل و نقل امکان پذیر نمی باشد.

هرچند فعالیت های بخش حمل و نقل در زمینه جابجایی بار به عنوان عملیات تغییر مکان کالاها، خود بخشی از عملیات تولید محسوب می شود لکن در طبقه بندی بخش های اقتصادی و حساب های ملی کشور، در بخش خدمات قرار داده شده می شود. حوزه عملکرد بخش حمل و نقل صرفاً امور اقتصادی کشور محدود نشده و ساختار سخت افزاری (شبکه راه های مواصلاتی، پایانه ها، فرودگاه ها، پلها و ...) و نرم افزاری (مدیریت زمان دسترسی، سازگاری و تناسب ناوگان با زیر ساخت، تکنولوژی اطلاعات و ...) بخش حمل و نقل در موضوعات اجتماعی، فرهنگی، سیاسی خطیری از قبیل جابجایی افراد برای تحصیل و آموزش، کاربایی نیروی جویای کار، مهاجرت جمعیت، لجستیک نیروها و ... بسیار تعیین کننده و حائز اهمیت ارزیابی می گردد. (سند ملی توسعه حمل و نقل، ۱۳۹۸، ۸)

در عرصه حمل و نقل، به ویژه در صنعت راه آهن، تحقیقات عملیاتی (پژوهش عملیاتی) نقش بسیار حیاتی دارد. این یک روش تحقیقی است که در بهبود عملکرد و بهینه سازی فرایندها و سیستم ها از جمله انبارداری در صنعت راه آهن به کار می رود.

استفاده از مدل های بهینه سازی

تحقیقات عملیاتی می تواند با استفاده از مدل های بهینه سازی به بهبود عملکرد انبارداری در صنعت راه آهن کمک کند. این مدل ها می توانند شامل بهینه سازی مسائل مانند مدیریت فضای انبار، برنامه ریزی ترابری و توزیع، مسائل مسیریابی و برنامه ریزی ترافیک باشند. با به کارگیری پژوهش عملیاتی، می توان به صورت بهینه تر از منابع موجود استفاده کرد و هزینه ها را کاهش داد. پژوهش عملیاتی می تواند در انبارداری صنعت راه آهن به بهبود فرآیندهای تصمیم گیری کمک کند. این امر شامل مسائلی مانند برنامه ریزی بارگیری و تخلیه، برنامه ریزی مسیرهای حمل و نقل، و بهینه سازی زمان بندی و توزیع باشد.

به کارگیری بهینه سازی ترکیبی

پژوهش عملیاتی به عنوان یک رویکرد ترکیبی، می تواند بهبودهای چشمگیری را در انبارداری صنعت راه آهن فراهم کند. به کمک بهینه سازی ترکیبی، می توان با در نظر گرفتن چالش ها و محدودیت های مختلف، راه حل های بهینه تری برای سیستم های انبارداری ارائه داد. به طور کلی، تحقیقات عملیاتی در انبارداری صنعت راه آهن می تواند در بهبود بهره وری، کاهش هزینه ها، بهبود فرآیندهای تصمیم گیری و بهینه سازی سیستم ها موثر باشد. تحقیقات عملیاتی می تواند در بهینه سازی فرآیندهای انبارداری مرتبط با قطارها موثر باشد. این شامل بهترین استفاده از فضای، بهینه سازی جریان کاری، تخصیص بهینه منابع و مدیریت بهینه موجودی ها می باشد. یکی از کاربردهای عملیاتی پژوهش عملیاتی در حوزه حمل و نقل، استفاده از مدل های بهینه سازی برای بهبود مدیریت انبارها و انبارداری قطارهاست. این مدل ها می تواند به تصمیم گیران کمک کنند تا فرآیندهای تصمیم گیری را بهبود بخشند، هزینه ها را کاهش داده و بهره وری را افزایش دهند. حتی از مدل های بهینه سازی مانند مدل های مسیریابی برای بهینه سازی حمل و نقل و ترتیب دهی کالاها نیز می شود استفاده کرد. این مدل ها کمک می کنند تا زمان بندی راه های حمل و نقل بهینه سازی بشه و از موجودی ها بهتر استفاده کنند.

در برنامه ریزی حرکت قطارها، علم بهینه سازی عملیات نقش بسیار مهمی دارد. پژوهش عملیاتی به عنوان یک روش تحلیل مسائل و بهینه سازی تصمیم ها می تواند در بهبود جریان حرکت قطارها و مدیریت شبکه حمل و نقل ریلی موثر باشد. یکی از کاربردهای اصلی تحقیقات عملیاتی در برنامه ریزی حرکت قطارها، مسئله برنامه ریزی ترتیب دهی (Scheduling) و تخصیص منابعه. با استفاده از مدل های بهینه سازی در تحقیقات عملیاتی، می توانیم زمان بندی بهینه حرکت قطارها رو برنامه ریزی کنیم، به طوری که از مصرف منابع مختلف مثل سوخت، زمان و منابع انسانی به بهترین شکل استفاده کنیم. علاوه بر این، به کمک مدل های بهینه سازی مانند مدل های مسیریابی، می توانیم مسیرهای بهینه برای حرکت قطارها را تعیین کنیم. این مدل ها می توانند مسائلی مانند کمینه کردن زمان سفر، کاهش هزینه ها، و بهبود ترافیک راه آهن رو بهبود ببخشند. همچنین، پژوهش عملیاتی می تواند در بهینه سازی شبکه های قطارها نیز موثر باشد. این شامل بهبود جریان حرکت قطارها، رفع تداخل ها و نوسانات، و بهبود کارایی سیستم حمل و نقل ریلی می باشد. استفاده از مدل ها و روش های بهینه سازی تحقیقات عملیاتی، در نهایت به کاهش هزینه ها، افزایش بهره وری، بهبود خدمات حمل و نقل برای مسافران و کاهش بار محیطی منجر می شود.

برنامه ریزی حرکت قطارها

یکی از استفاده‌های اصلی پژوهش عملیاتی در راه‌آهن، برنامه ریزی حرکت و ترتیب قطارهاست. با بهره‌گیری از مدل‌سازی و بهینه‌سازی، می‌توان زمان‌بندی و ترتیب حرکت قطارها را به گونه‌ای طراحی کرد که منابع مورد استفاده بهینه شود.

مدیریت ترافیک و تخصیص منابع

پژوهش عملیاتی همچنین در مدیریت ترافیک ریلی و تخصیص منابع نقش مهمی دارد. این شامل تخصیص پلتفرم‌ها، مسیرهای مناسب، و انطباق با زمان‌بندی حرکت قطارها و ایستگاه‌ها می‌شود. بهبود فرآیند تصمیم‌گیری برای تخصیص منابع، همچون پلتفرم‌ها و تسهیلات مرتبط، از دیگر کارکردهای مهم پژوهش عملیاتی در این زمینه است. استفاده از مدل‌های پژوهش عملیاتی می‌تواند منجر به بهبود خدمات مسافران نیز گردد؛ از جمله کاهش تاخیرات و بهبود تجربه مسافران در ایستگاه‌ها و در طول سفر.

برنامه‌ریزی زمان‌بندی

تحقیقات عملیاتی به طور مداوم در تعیین زمان‌بندی حرکت قطارها و برنامه‌ریزی زمان‌بندی استفاده می‌شود. این شامل تعیین زمان راه‌اندازی و توقفات، تعیین زمان حرکت از هر ایستگاه، و همچنین تعیین توالی بهینه قطارها بر اساس نیازهای مسافران و محموله‌ها می‌شود. در تنظیم زمان حرکت قطارها، علم بهینه‌سازی عملیات نقش بسیار مهمی دارد. به وسیله مدل‌های ریاضی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی، می‌تواند در بهبود برنامه‌ریزی و زمان‌بندی حرکت قطارها تأثیرگذار باشد. استفاده از پژوهش عملیاتی در تعیین زمان حرکت قطارها منجر به بهینه‌سازی تخصیص منابعی مانند پلتفرم‌ها، مسیرهای قطار، و تخصیص زمان حرکت می‌شود. بهبود فرآیند تصمیم‌گیری برای تخصیص این منابع به عملکرد بهتر و بهره‌وری بیشتر کمک می‌کند. به کمک مدل‌های پیش‌بینی قطارها و شرایط زیربنای ریلی، می‌تواند بهبود زمان‌بندی حرکت قطارها و حتی پیش‌بینی مواجهه با مسائل ناشی از شرایط نامطلوب کمک کند.

کنترل و هماهنگی بین ایستگاه‌های قطارها یکی از موارد بسیار حیاتی در صنعت راه‌آهن است. علم بهینه‌سازی عملیات علم بهینه‌سازی عملیات به دنبال استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف برای بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و عملیاتی است. تحقیقات عملیاتی در واقع از ترکیب علوم کامپیوتر، ریاضیات و یادگیری ماشین برای حل مسائل بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری استفاده می‌کند. در حوزه راه‌آهن، پژوهش عملیاتی در کنترل و هماهنگی بین ایستگاه‌های قطارها امکانات بسیاری را فراهم می‌کند. این امکانات شامل موارد زیر می‌شود:

۱. زمان‌بندی و برنامه‌ریزی حرکت قطارها: از مدل‌سازی ریاضی برای بهبود برنامه‌ریزی حرکت قطارها استفاده می‌کند. این امر می‌تواند منجر به کاهش ترافیک، بهبود سرویس به مسافران، و افزایش بهره‌وری در استفاده از زیرساخت‌های راه‌آهن شود.
۲. تخصیص منابع و بهینه‌سازی استفاده از ایستگاه‌ها: می‌تواند به تخصیص بهینه منابع مانند پلتفرم‌ها و خطوط ریلی در ایستگاه‌ها کمک کرده و در نتیجه زمان‌بندی بهتری برای حرکت قطارها ایجاد نماید.
۳. پیش‌بینی برنامه‌های حرکت قطارها: با استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های پیش‌بینی، به پیش‌بینی برنامه‌های حرکتی قطارها کمک می‌کند. این امر به زمان‌بندی و هماهنگی قطارها کمک می‌کند.
۴. بهبود سیستم سیگنال‌ها: می‌تواند از مدل‌سازی و بهینه‌سازی برای بهبود سیستم سیگنال‌ها و کنترل ترافیک قطارها استفاده نماید.

بحث و نتیجه گیری:

راه آهن یکی از کارآمدترین روش‌های حمل‌ونقل برای جابجایی کالا در سطح زمین است و برای حمل کالاهای سنگین و فله در مسافت‌های طولانی، اهمیت ویژه‌ای دارد. در این جابجایی‌ها هزینه‌های حمل‌ونقل بخش بزرگی از کل هزینه‌های تحویل را شامل می‌شود. در جهان امروز، راه آهن از جمله بخش‌های زیربنایی اقتصاد است که فرآیند توسعه اقتصادی را تحت تأثیر قرار داده و اساس مبادلات بازرگانی و کلید توسعه اقتصادی و اجتماعی است. برخی متخصصان حمل و نقل بر این باورند که بین کارایی در

بخش حمل و نقل و کارآیی عمومی اقتصاد و رشد اقتصادی، رابطه ای مستقیم وجود دارد و حمل و نقل را واسطه میان فعالیت های کشاورزی، صنعتی، بازرگانی و خدماتی در سطح ملی و بین المللی می دانند. به اعتقاد بسیاری از اقتصاددانان بین المللی، مطالعات انجام شده در سطح کلان اقتصادی برخی کشورها نشان می دهد که سرمایه گذاری در حمل و نقل ریلی موجب افزایش رشد اقتصادی این کشورها شده و با افزودن بر بازدهی اجتماعی در سرمایه گذاری های خصوصی موجبات سرمایه گذاری در زیرساخت های حمل و نقل را فراهم آورده است. صنعت حمل و نقل ریلی در ایران نیز طی دوران مختلف، با فراز و فرودهایی همراه بوده و هدف اصلی آن، تلاش برای رسیدن به جایگاهی مطلوب و فردایی بهتر است و با توجه به موقعیت سوق الجیشی کشور در منطقه، ایجاد سیستم حمل و نقل ریلی کارآمد در توسعه اقتصادی اجتماعی، جایگاه و نقش ویژه ای دارد. استفاده از روش علمی در توسعه بسیا مهم است که استفاده از تحقیق در عملیات از مهمترین آنهاست.

مراجع

- اسناد قانون سوم توسعه اقتصادی اجتماعی سیاسی جمهوری اسلامی ایران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران، سال ۱۳۷۹ <https://rc.majlis.ir/fa/law/show/93301>
- شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، "سالنامه آماری حمل و نقل ریلی"، راه آهن، تهران - ۱۳۸۱ <https://rc.majlis.ir/fa/law/show/93301>
- عاشوری، حجت و سید حسینی، سیدمحمد و رادفر، رضا. (۱۳۹۶) الگوی انتقال تکنولوژی با رویکرد آینده پژوهشی در صنعت حمل و نقل ریلی. نشریه آینده پژوهی مدیریت، ۲۸(۱۱۱)، ۳-۲۸ https://jmfr.srbiau.ac.ir/article_11712.html
- گسگری، ریحانه و اقبالی، علیرضا و عیدانی، مصطفی. (۱۳۸۴) برآورد تابع تقاضای حمل و نقل ریلی در ایران. نشریه تحقیقات اقتصادی، ۶۹(۰)، ۲-۳
- جوانشیر، حسن، فیرو ابادی، علی خاتمی، شیلا سادات فاطمی، (۱۳۹۳) برنامه ریزی حرکت قطارهای شهری- فصل نامه مدیریت صنعتی، ۴۱-۶۲ <https://jims.atu.ac.ir/article>
- نصر آزادانی، سیدمسعود. (۱۳۸۴) بررسی نقش نگهداری و تعمیرات خطوط بر راندمان صنعت حمل و نقل ریلی. کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، ۱۵(۵۸)، ۱-۲
- فغانی عمران، محمدجواد. (۱۳۹۲). تحقیق در عملیات و ضرورت آن. کنگره پیشگامان پیشرفت. SID. <https://sid.ir/paper/870293/fa>
- یگانگی، سید کامران و صادقی، عباس، ۱۴۰۱، مروری بر کاربرد پژوهش عملیاتی در مسائل دولتی، <https://civilica.com/doc/1645505>
- یگانگی، سید کامران و شهریار، فرشته. (۱۴۰۱) کاربرد پژوهش عملیات در صنعت حمل و نقل. نشریه پژوهش های کاربردی در مدیریت و حسابداری، سال ۷(۲۸)، ۱-۲ https://iranngn.ir/article_view.php?rahgiri=4167861407480083
- فولادوند، خلیلی (۱۴۰۲). مدل تصمیم گیری چندمعیاره ترکیبی بر مبنای دیمتل و ANP برای بهبود سنجش شاخص های پایداری حمل و نقل ریلی. نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری 888-902. Retrieved 7(25), 888-902. <https://majournal.ir/index.php/ma/article/view/2063>
- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای. سالنامه آماری سال ۱۳۸۷. انتشارات کارا. ۱۳۸۸ <http://www.earshad88.blogfa.com/post/29>
- Expert Conference, "A Sustainable Development Strategy for the EU" 2001.
 - IRCA-UIC-ECMT, " World Railway Congress" Vienna, 25-28 September 2001.
 - Javiar Campos, Pedro Cantos, "Rail Transport Regulation" World Bank, 2000.
 - Emanuel Broman, Jonas Eliasson (2017) Market dynamics in on-rail competition. Elsevier magazine 2, (233-244) 22,

-Jinqu Chen , Jie Liu , Qiyuan Peng, Yong Yin. (2022) Resilience assessment of an urban rail transit network case study of Chengdu subway .Elsevier magazine.A586 (126517) ,