

تحلیل دینامیکی پارامترهای موثر در مطلوبیت کریدورهای ترانزیت ریلی بار؛ مطالعه موردی محور سرخس - بندر عباس

حمید رضا احدی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
سید حسین ضیانتبار احمدی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-Mail: ahadi@iust.ac.ir

پذیرش: ۹۲/۰۹/۰۵

دریافت: ۹۲/۰۳/۰۶

چکیده

در سالهای اخیر ترانزیت ریلی در ایران با سرعت اندکی رشد کرده است. در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد ترانزیت عبوری از خاک ایران به وسیله حمل و نقل جاده‌ای صورت میگیرد و این وضعیت با سیاست‌های کلان کشور در حوزه حمل و نقل و به ویژه با قانون مدیریت مصرف سوخت مصوب ۱۳۸۶/۹/۱۸ که در آن سهم حمل و نقل ریلی بار، حد اقل ۳۰٪ تعیین شده است، تناسب ندارد. سهم اندک ترانزیت ریلی از خاک ج.ا.ایران، عمدتاً به دلیل مطلوبیت ضعیف کریدورهای ریلی در مقایسه با کریدورهای جاده‌ای است. در این تحقیق مهم ترین پارامترهای تأثیرگذار بر مطلوبیت ترانزیت ریلی بار با استفاده از دیدگاه پویایی سیستم مورد بررسی قرار گرفته است و بر همین اساس تابع مطلوبیت کریدورهای ترانزیت ریلی ارائه شده است. در ادامه با استفاده از اطلاعات محور ترانزیت ریلی سرخس - بندر عباس، وضعیت ترانزیتی محور مورد نظر تا سال ۱۴۰۴ شبیه سازی شده است. در پایان، سناریوهایی برای افزایش مطلوبیت مسیر مورد نظر، پیشنهاد شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سرعت، کاهش زمان توقف قطارهای ترانزیتی و کاهش حق دسترسی به شبکه ریلی، مطلوبیت مسیر و متناسب با آن میزان تقاضای ترانزیت ریلی به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ترانزیت ریلی، مطلوبیت، پویایی‌های سیستم، سرخس - بندر عباس

۱. مقدمه

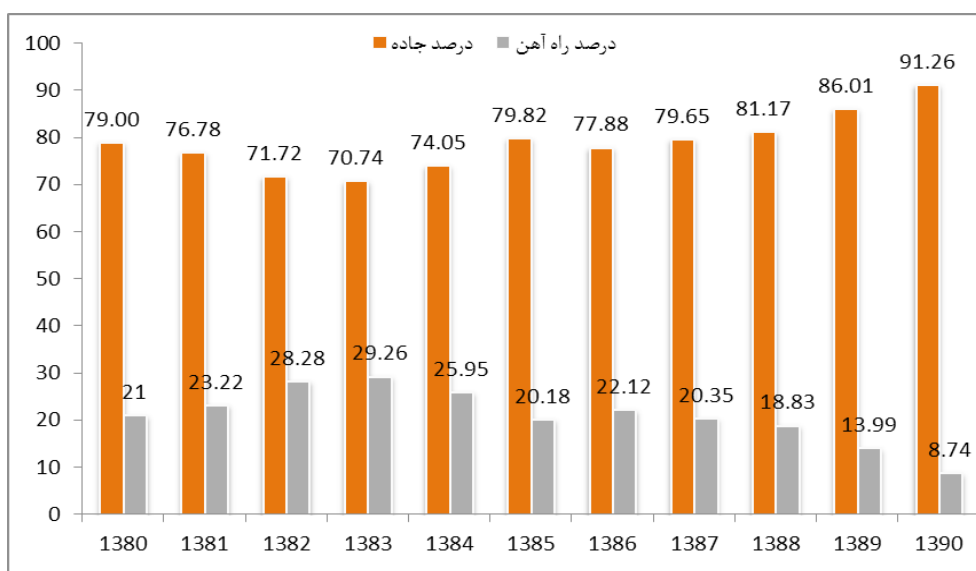
نداشته بلکه با کاهش نیز مواجه بوده است. از ۱۰ میلیون تن کالای ترانزیت شده از کشور در سال ۹۰، سهم راه آهن تنها ۸/۷۴ درصد بوده که این سهم با سیاست‌های کلان کشور در حوزه حمل و نقل تناسب ندارد. سهم اندک ترانزیت ریلی عمدتاً به دلیل مطلوبیت ضعیف کریدورهای ریلی در مقایسه با کریدورهای جاده ای است. مطلوبیت یک مسیر از مجموعه ای از پارامترها تشکیل شده است. در صورتی که مطلوبیت یک مسیر در مقایسه با سایر مسیرهای موجود بیشتر باشد، صاحبان بار برای حمل کالا از آن مسیر استفاده خواهند کرد.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

به دلیل اهمیت اقتصادی و تجاری ترانزیت ، تحقیقات متعددی در زمینه ترانزیت توسط محققین صورت گرفته است. جیان تونگ و همکاران، تحلیلی از زنجیره حمل و نقلی بین چین و آلمان با استفاده از تکنیک SWOT ارائه کرده اند. مهم ترین پارامترها برای انتخاب روش حمل و نقل در این تحقیق هزینه، سرعت، اطمینان در زمان ترانزیت، مشخصه کالاها و سرویس دهی است [Jian Tong et al,

ترانزیت عبارت است از عبور یک کالا یا مسافر از حریم جغرافیایی یک کشور، و یکی از منابع عمده درآمدی در بسیاری از کشورهای جهان محسوب می‌شود. قلمرو ایران همواره یکی از مسیرهای مهم مبادله کالا و تجارت بین‌المللی بوده و در این زمینه از قدمتی سه هزار ساله برخوردار است. راه ابریشم، راه مروارید، راه شاهی و راه ادویه نیز از جمله مسیرهایی تاریخی هستند که در طول سالیان مورد استفاده بازرگانان و مسافران قرار می‌گرفته است. طی سالهای اخیر، ترانزیت با سرعت اندکی در کشور رشد کرده است و اکثر بارهای ترانزیتی نیز توسط حمل و نقل جاده ای انتقال یافته است. نمودار ۱ مقایسه بین سهم ریل و جاده در ترانزیت کشور را نشان می‌دهد [Statistic Railway Yearbook , 2011].

با اینکه ترانزیت بار طی سال‌های مورد بررسی در مجموع افزایش یافته است، ولی این افزایش بیشتر به سمت جاده کشیده شده و سهم ریلی در طی این سالها، نه تنها رشد



نمودار ۱. درصد کالای ترانزیت شده به تفکیک جاده و ریل در سالهای ۸۰-۹۰

بررسی روش‌های بهره‌وری ترانزیت، عوامل مؤثر بر کریدور ترانزیتی را هزینه، زمان، قابلیت اطمینان، ایمنی، تعداد و سرعت ناوگان عنوان کرده است [Aboutalebpour, 2002].

۳. شناسایی پارامترهای مؤثر در مطلوبیت کریدور ریلی

مطلوبیت یک کریدور ریلی متأثر از عوامل مختلفی است که به برخی از این عوامل در بررسی ادبیات موضوع اشاره شد. با استفاده از ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان، مهم‌ترین پارامترها برای تعیین مطلوبیت یک کریدور ریلی شناسایی شدند. پس از شناسایی و تعیین فهرست اولیه از این پارامترها، پرسشنامه‌ای به منظور نظرخواهی از کارشناسان این حوزه تدوین شد و بر این اساس از بین فهرست اولیه پارامترها، مهم‌ترین آنها به شرح زیر مشخص شد. این پارامترها عبارتند از: زمان کل ترانزیت، هزینه پرداختی در راه آهن، هزینه پرداختی در جاده، قابلیت اطمینان در سیر قطارهای باری و ایمنی مسیر. سایر پارامترها نیز به نوعی در تعیین این پنج پارامتر تأثیر گذارند. به عنوان مثال پارامترهای سرعت و مسافت برای تعیین زمان ترانزیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تعیین ضریب هر یک از پارامترها در مطلوبیت مسیر نیز از پرسشنامه استفاده شده است. در این مرحله ۳۰ پرسشنامه تهیه و بین کارشناسان مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن، اداره کل سیر و حرکت راه آهن، اداره کل بازرگانی و بازاریابی و گروه ترانزیت شرکت راه آهن توزیع شد و بر این اساس میزان تأثیر هر پارامتر در مطلوبیت کریدور مورد نظر تعیین شد. برای افزایش دقت پاسخها، مسیر سرخس - بندر عباس به عنوان مهم‌ترین مسیر ترانزیت ریلی، برای مطالعه موردی در نظر گرفته شد. بر اساس آمار موجود، در سالهای ۸۷، ۸۸، ۸۹ و ۹۰ به ترتیب ۷۶، ۸۷، ۸۱ و ۸۳ درصد از کل ترانزیت ریلی کشور از طریق این مسیر صورت گرفته است [Stat. Rail. Yearbook 2011].

[2010]. آیداس واسیلیس و جورجیتا باریزین، برای مقایسه گزینه‌های حمل و نقل لیتوانی در تجارت بین آسیا و اروپا پارامترهای زمان سفر، قابلیت اطمینان، نقاط اتصال و ایمنی را برای مطلوبیت مسیر در نظر گرفته، و با تقسیم مطلوبیت بر هزینه حمل، معیاری تحت عنوان نسبت رقابت ارائه می‌کنند [Vasilis and Barysiene, 2008]. ایس میلر با اجرای سناریوهای مختلفی مشکلات موجود در کریدور REORIENT را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که با اعمال این سناریوها علاوه بر افزایش حمل بار در کریدور، سهم بخش ریلی نیز افزایش می‌یابد [er et al., 2007]. روت بانومیونگ، با تکمیل مدل ارائه شده توسط Beresford, 1999 مدل هزینه حمل و نقل ترکیبی در کریدور ویتیان - سنگاپور را ارائه کرده است [Banomyong, 2001]. پارامترهای این مدل عبارتند از: هزینه، زمان، مسافت، روش حمل و نقل و انتقال بین روشها. در ایران نیز مطالعات زیادی در زمینه ترانزیت صورت گرفته است. محسن برهانی و همکاران با بررسی راهکارهای رفع مشکلات ترانزیتی در مسیر سرخس - مطهری عمده عوامل توقف واگن در ایستگاه سرخس را تشریفات گمرکی، شرایط قرنطینه‌ای و عدم برنامه ریزی مناسب عنوان کرده‌اند [Borha-ni, 2012]. نریمان نیکو یک مدل دینامیکی برای بررسی بازار حمل و نقل ریلی بار در شرکت راه آهن ایران ارائه کرده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش ظرفیت واگن‌ها و دریافت بخشی از هزینه دسترسی از دولت، باعث افزایش بازار ریلی بار و ورود بخش خصوصی در این زمینه می‌شود [Nikou, 2010]. بهرام امیراحمدیان، با بررسی زیرساخت‌های ارتباطی در آسیای مرکزی، عمده مشکلات در این زمینه را قوانین گمرکی عنوان کرده است [Amirahmadian, 2008]. مهدی محسنی، مشکلات ترانزیت کالا از ایران را مورد بررسی قرار داده و مهم‌ترین معضل را کمبود مدیران آگاه در زمینه ترانزیت و عدم هماهنگی بین زیربخشهای حمل و نقل عنوان کرده است [Mohseni, 2002]. علی ابوطالب‌پور، با

۳-۱ معرفی پارامترها

زمان کل ترانزیت

منظور از زمان کل ترانزیت فاصله زمانی بین ورود بار از یک مرز تا خروج آن از مرز دیگر به کشور همسایه یا مد حمل و نقلی دیگر است. این زمان شامل زمان سیر بار در مسیر، زمان انجام امور گمرکی، زمان توقف در بین مسیر و زمان تعویض بوژی در مرز سرخس است. زمان کل ترانزیت از جمع کلیه این زمانها به دست می‌آید.

هزینه پرداختی صاحب بار در ترانزیت ریلی

بر اساس قانون دسترسی آزاد به شبکه ریلی، شرکت‌هایی که با استفاده از شبکه ریلی و امکانات آن اقدام به جابجایی کالا نمایند، باید بخشی از مبلغ قرارداد خود را به عنوان حق دسترسی به شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران پرداخت کنند. راه آهن ج. ا. ایران در حال حاضر حدود ۸۰ درصد از مبلغ قرارداد بین صاحب بار و شرکت حمل و نقل را به عنوان حق دسترسی دریافت می‌کند و مابقی مبلغ قرارداد، سهم شرکت حمل کننده است.

ایمنی مسیر

حمل و نقل ریلی از امن‌ترین روشهای حمل و نقلی است و تعداد حوادث به نسبت میزان جابجایی در این روش حمل بسیار اندک است. در این مطالعه برای اندازه گیری پارامتر سطح ایمنی، از شاخص نسبت قطارهایی که بدون حادثه به مقصد می‌رسند استفاده شده است.

قابلیت اطمینان در سیر قطارهای باری

اطمینان از زمان دقیق حرکت قطارها و زمان رسیدن آنها به مقصد، امکان برنامه ریزی مناسب را برای صاحبان کالا فراهم می‌کند. میزان پیوستگی در ارائه خدمات و وجود قطار برنامه ای برای تعیین قابلیت اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرد و ضرایب هر یک از آنها در قابلیت اطمینان محاسبه می‌شود.

هزینه پرداختی در جاده

قیمت پیشنهادی جاده به عنوان اصلی‌ترین رقیب راه آهن از مهم‌ترین عوامل در تصمیم گیری صاحبان کالا است. از

دلایل بالا بودن سهم جاده در ترانزیت بار عدم پرداخت حق دسترسی می‌باشد. کامیون داران تنها ۳ الی ۵ درصد از مبلغ بارنامه را به پایانه‌های حمل و نقل پرداخت می‌کنند که این موضوع باعث پایین بودن تعرفه‌های حمل کالا در جاده شده و توان رقابت با راه آهن را افزایش داده است.

۳-۲ جمع بندی پارامترها

از ۳۰ پرسشنامه توزیع شده، تعداد ۲۱ پرسشنامه دریافت شد که با محاسبه میانگین نظرات خبرگان، میزان اهمیت هر یک از پارامترها در مطلوبیت یک مسیر ریلی مشخص شد. جدول ۱ میانگین امتیاز کسب شده توسط هر پارامتر و وزن نسبی هر یک را نشان می‌دهد. پارامترهای زمان کل ترانزیت و هزینه پرداختی در راه آهن، پارامترهایی منفی بوده و با ضرایب منفی در تابع مطلوبیت قرار می‌گیرند. سه پارامتر دیگر که افزایش آنها باعث افزایش مطلوبیت مسیر می‌شود با ضرایب مثبت در تابع مطلوبیت نهایی قرار می‌گیرند. برای از بین بردن واحد پارامترها در تابع مطلوبیت، پارامترهای (۱) زمان کل ترانزیت، هزینه حمل و نقل ریلی و هزینه حمل و نقل جاده ای نرمال سازی می‌شوند و دو

پارامتر قابلیت اطمینان و ایمنی مسیر به صورت درصدی بیان می‌شوند. برای نرمال سازی واحد هزینه ریل و جاده از مقایسه آنها با هزینه ریل و جاده در کشور آمریکا استفاده شده است و برای نرمال سازی واحد زمان ترانزیت از مقایسه آن با سرعت تجاری استاندارد در کریدور ترانس اروپا استفاده شده است. سرعت تجاری هر قطار در این کریدور به طور میانگین ۴۰ کیلومتر بر ساعت است.

تابع مطلوبیت نهایی برای تعیین میزان مطلوبیت مسیر ترانزیت ریلی سرخس - بندر عباس به صورت رابطه ۱ است. پارامتر زمان کل ترانزیت که دارای بزرگ ترین ضریب در تابع مطلوبیت است، به عنوان مهم ترین پارامتر در تعیین مطلوبیت مسیر شناسایی می‌شود.

$$Utility = -0.2093 * time - 0.2026 * rail\ cost + 0.1938 *$$

$$road\ cost + 0.1982 * reliability + 0.1960 * safety$$

گذار در پارامترهای اصلی شناسایی شده و مدل جریان در نرم افزار Vensim PLE پیاده سازی می شود.

۴-۱ ساخت نمودار علی حلقوی

مطلوبیت به عنوان هسته اصلی این سیستم در نظر گرفته شده و سایر پارامترها روی مطلوبیت تأثیر گذار هستند. حلقه علی و معلولی این سیستم در شکل ۱ آورده شده است. این حلقه به صورت ساده نحوه تأثیرگذاری هر یک از پارامترها روی یکدیگر و روی مطلوبیت مسیر را نشان می دهد. همسو بودن تغییرات متغیرهای ابتدا و انتهای پیکان با علامت های مثبت و منفی مشخص شده اند.

اگر زمان کل ترانزیت افزایش یابد، مطلوبیت مسیر کاهش می یابد که این موضوع با علامت منفی روی پیکان نشان داده شده است. از طرفی با افزایش مطلوبیت مسیر، میزان تناژ بار در این مسیر افزایش یافته و در نتیجه تعداد کل قطارهایی که باید این بارها را انتقال دهند، افزایش می یابد. با افزایش تعداد این قطارها تعداد قطاری که باید برنامه ریزی برای حرکتشان صورت گیرد، افزایش می یابد. این حرکت باعث افزایش تعداد قطار برنامه ای و در نتیجه افزایش قابلیت اطمینان سیستم می شود. افزایش قابلیت اطمینان نیز به نوبه خود مجدداً باعث افزایش مطلوبیت مسیر می شود و این روند ادامه می یابد.

۴-۲ ساخت نمودار جریان

در این مرحله با اضافه کردن متغیرهای سطح، نرخ و کمکی به مدل و با بسط دادن متغیرهای موجود نمودار جریان کامل مدل ساخته می شود. از آنجا که برای پیاده سازی مدل در محیط نرم افزار Vensim PLE باید متغیرها به صورت لاتین تعریف شوند، بنابراین پس از برگرداندن اسامی تمامی متغیرهای استفاده شده در مدل به لاتین، نمودار جریان ساخته می شود.

زمان کل ترانزیت از جمع کلیه پارامترهای تشکیل دهنده خود به دست می آید. برای پارامتر زمان توقفات، سطوح اولویتی تعریف شده است، به این ترتیب که جمع زمان

این رابطه نشان می دهد که تغییر یک واحد در هر یک از پارامترها، به چه میزان مطلوبیت مسیر را تغییر می دهد. به عنوان نمونه افزایش یک واحد در زمان کل ترانزیت باعث کاهش ۰/۲ واحدی میزان مطلوبیت خواهد شد.

در این رابطه هر یک از پارامترهای تشکیل دهنده مطلوبیت، از طریق مقایسه با بهترین شاخص عملکردی متناظر، به عددی در بازه صفر تا یک تبدیل می شود و سپس عدد به دست آمده برای هر پارامتر، در وزن نسبی آن پارامتر ضرب شده و به کمک رابطه ۱ میزان مطلوبیت کل مسیر در هر دوره زمانی به دست می آید. به عنوان مثال زمان ترانزیت در مسیر سرخس - بندر عباس با زمان مسیر مشابهی در بهترین سطح عملکرد مقایسه شده است. این عدد در ادامه در ضریب وزنی پارامتر زمان ترانزیت ضرب شده و مقدار عددی حاصله متناسب با مثبت یا منفی بودن پارامتر مورد نظر، در مقدار مطلوبیت کل تأثیر می گذارد. همچنین برای تعیین میزان تغییرات مطلوبیت پس از هر دوره، از مقایسه میزان مطلوبیت به دست آمده از رابطه یک، در دوره های متوالی، استفاده می شود. درصد تغییرات مطلوبیت مسیر پس از هر دوره در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. وزن نسبی پارامترهای تأثیرگذار در مطلوبیت کریدور

ریلی		
عنوان پارامتر	میانگین امتیاز	وزن نسبی
زمان کل ترانزیت	۴,۵۲۳۸	۰,۲۰۹۳
هزینه پرداختی در ریل	۴,۳۸۱۰	۰,۲۰۲۶
هزینه پرداختی در جاده	۴,۱۹۰۵	۰,۱۹۳۸
قابلیت اطمینان در سیر قطارهای باری	۴,۲۸۵۷	۰,۱۹۸۲
ایمنی مسیر	۴,۲۳۸۱	۰,۱۹۶۰
جمع	۲۱,۶۱۹۱	۱

۴. ارائه مدل دینامیکی تحلیل مطلوبیت

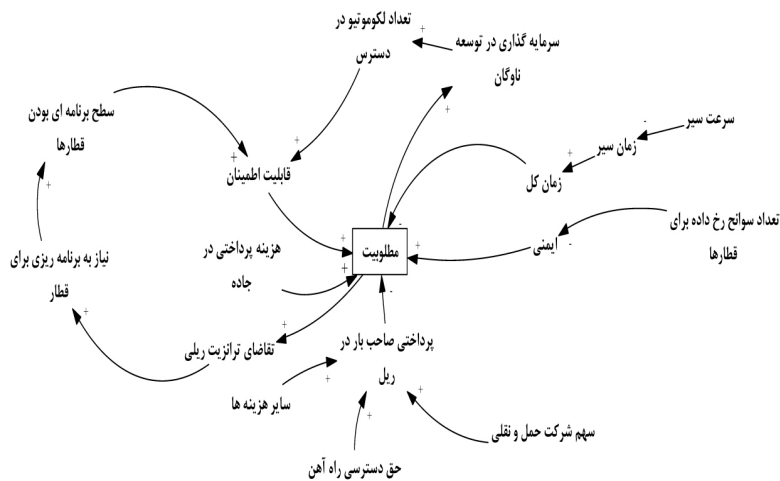
در این قسمت به کمک مفاهیم پویایی سیستم، مدلی برای تعیین مطلوبیت مسیرهای ریلی ارائه می شود. عوامل تأثیر

توقف قطارها با تغییر اولویت، تغییر پیدا می کند.

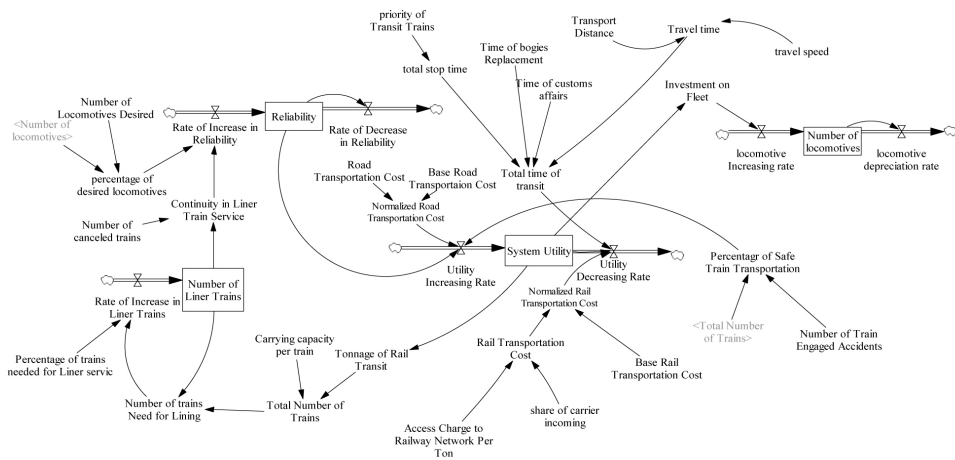
مقایسه با این مقدار مبنا به دست می آید.

هزینه پرداختی صاحب بار در ریل شامل حق دسترسی راه آهن و سهم شرکت حمل کننده است. با استفاده از روند مربوط به این هزینه ها در چند سال اخیر، مقادیر آنها در طول دوره شبیه سازی، پیش بینی شده و وارد مدل می شود. به دلیل اینکه آمریکا دارای بهترین نسبت رقابتی قیمت گذاری در بخش حمل بار بین ریل و جاده است، از تعرفه پرداختی هر تن کیلومتر در این کشور به عنوان یک تعرفه مبنا استفاده شده است و میزان مطلوبیت هزینه پرداختی در هر سال از

افزایش مطلوبیت باعث افزایش تناژ بارترانزیتی و افزایش تعداد قطار مورد نیاز برای برنامه ریزی می شود. افزایش این تعداد قطار، پیوستگی در ارائه قطار برنامه ای را تحت تاثیر قرار می دهد و در نهایت قابلیت اطمینان مسیر تغییر پیدا می کند. با تغییر قابلیت اطمینان، مطلوبیت مسیر مجدد تغییر می کند و این دور ادامه می یابد. از طرف دیگر با افزایش مطلوبیت، سرمایه گذاری در ناوگان افزایش یافته و با افزایش تعداد لکوموتیو موجود، سطح مطلوبیت این شاخص بهبود



شکل ۱. حلقه علی پیشنهادی برای سطح مطلوبیت ترانزیت ریلی



شکل ۲. نمودار جریان کامل مدل برای تعیین مطلوبیت مسیرهای ریلی ترانزیتی (لاتین)

خروجی مدل با مقادیر واقعی در دوره مورد نظر استفاده می شود و در صورتی که میزان خطا در دامنه مورد نظر (معمولاً ۰/۵٪) باشد، مدل معتبر فرض می شود.

در این قسمت با مقایسه نتایج به دست آمده از مدل با مقادیر واقعی، دقت مدل اندازه گیری می شود. در جدول ۲ مقادیر واقعی و خروجی مدل در سالهای ۸۹ و ۹۰ آمده است. از آنجایی که میانگین قدر مطلق خطاهای مدل ۰/۴ است، بنابراین می توان اعتبار مدل را در حد قابل قبولی دانست. پس از اعتبار سنجی، مدل برای مدت ۱۵ سال، تا سال ۱۴۰۴، شبیه سازی می شود. نتایج اجرای مدل در قسمت بعد آورده شده است.

۵. پیاده سازی مدل

با توجه به اطلاعات واقعی محور سرخس - بندر عباس مدل برای مدت ۱۵ دوره و مدت هر دوره یک سال شبیه سازی می شود. زمان پایان شبیه سازی سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته می شود. نتایج این شبیه سازی در ادامه آورده شده است.

جدول ۲. میزان برآورد، مقادیر واقعی و مقدار خطای هر پارامتر

مقدار خطا	خروجی مدل	مقدار واقعی	سال	پارامتر
-۰,۰۱	۵۴۷۵۵۰	۵۵۵۰۰۴	۸۹	هزینه پرداختی در جاده به ازای هر تن (ریال)
-۰,۰۲	۶۰۲۸۵۳	۶۱۵۸۰۵	۹۰	
-۰,۰۵	۶۷۲۰۴۷	۷۰۴	۸۹	تعداد لکوموتیو
-۰,۱۲	۶۶۰۱۴۹	۷۵۰	۹۰	
-۰,۱۵	۹۲۱۴۷۰	۱۰۸۱۷۱۰	۸۹	تناژ بار ترانزیت ریلی در مسیر مورد نظر
۰,۲	۸۸۳۸۳۰	۷۳۴۰۹۷	۹۰	
-۰,۱۴	۵۶۱۵۰۰	۶۵۰۰۰۰	۸۹	هزینه پرداختی در ریل به ازای هر تن (ریال)
-۰,۰۳	۶۳۰۵۶۵	۶۵۰۰۰۰	۹۰	
-۰,۰۴				میانگین خطا

می یابد که در نهایت منجر به افزایش قابلیت اطمینان می شود. افزایش قابلیت اطمینان نیز موجب افزایش مطلوبیت می شود.

برای تعیین میزان مطلوبیت تعداد لکوموتیو، از شاخص تعداد لکوموتیو به طول خط در کشور آلمان استفاده می شود. به کمک این شاخص تعداد لکوموتیو مطلوب برای ایران با توجه به طول خطوط ریلی در کشور به دست می آید [آمار راه آهن های کشورهای عضو 2011، UIC].

برای ارزیابی سطح ایمنی سیستم از شاخص درصد تعداد قطارهایی که بدون هیچ سانحه ای به مقصد می رسند استفاده شده است. این درصد از تقسیم تعداد قطار بدون حادثه بر تعداد کل قطارها به دست می آید [سالنامه آماری حوادث راه آهن].

برای نرمال سازی هزینه حمل و نقل جاده ای و ورود آن به تابع مطلوبیت، باید از قیمتی به عنوان هزینه مبنا استفاده شود. به همین منظور از آمار کشور آمریکا که دارای بالاترین نسبت رقابتی در این زمینه است استفاده شده است.

۳-۴ پیاده سازی مدل با استفاده از اطلاعات واقعی محور ریلی سرخس - بندرعباس

در این مرحله به کمک اطلاعات واقعی موجود، روندهای مربوط به هر یک از پارامترها شناسایی شده و در نمودار جریان جاگذاری می شوند. اکثر اطلاعات از سالنامه های آماری راه آهن و وزارت راه و شهرسازی در سالهای اخیر، گزارشهای بخشهای مختلف راه آهن و مصاحبه با کارشناسان به دست آمده اند. برخی از فرمولها نیز با توجه به تغییرات پارامترها در چند سال اخیر به دست می آیند. در بسیاری از پارامترها، از میانگین نرخ رشد چند سال اخیر، برای پیش بینی مقادیر سالهای آینده استفاده شده است. از اطلاعات سالهای ۸۰ تا ۸۸ برای ساخت مدل و از اطلاعات سالهای ۸۹ و ۹۰ برای آزمون تست دقت مدل استفاده شده است.

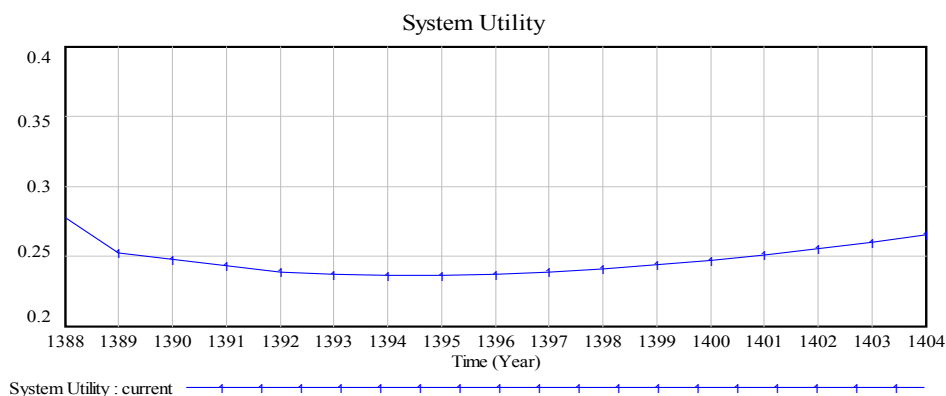
۴-۴ اعتبار سنجی مدل

برای تعیین اعتبار مدل های دینامیکی معمولاً از مقایسه

۱-۵ وضعیت مدل در حالت مبنا

بوده و این موضوع باعث کم شدن مطلوبیت مسیر ریلی در مقابل مسیر جاده‌ای می‌شود. عمده دلیل افزایش بیش از حد قیمت پرداختی در ریل هزینه بالای حق دسترسی است که حدود ۸۰ درصد این قیمت را تشکیل می‌دهد. برای افزایش مطلوبیت در مسیر ریلی و قابلیت رقابت پذیری با جاده، راه آهن چاره‌ای جز کاهش هزینه‌های دسترسی ندارد. درصد تغییرات مطلوبیت در هر دوره زمانی در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است تا سال ۱۳۹۵ مطلوبیت کاهش و پس از آن تا سال ۱۴۰۴، مطلوبیت با روند کندی افزایش می‌یابد.

تغییرات مطلوبیت مسیر ریلی در سالهای آینده در نمودار ۲ آورده شده است. همان‌طور که مشخص است، مطلوبیت مسیر ابتدا کاهش یافته و این کاهش تا سال ۱۴۰۴، مطلوبیت مسیر پیوسته رشد پیدا می‌کند. مهم‌ترین دلیل تغییرات مطلوبیت، به نحوه تغییرات هزینه پرداختی در ریل و جاده در سالهای آینده برمی‌گردد. تغییرات این هزینه‌ها در نمودار ۳ آورده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که همواره قیمت پرداختی در ریل بیشتر از جاده



نمودار ۲. منحنی تغییرات مطلوبیت بر اساس روند موجود

تغییرات تناژ بار ترانزیتی رابطه مستقیم با مطلوبیت مسیر دارد. بنابراین با کاهش مطلوبیت در یک مقطع، تناژ بار نیز باید کاهش یابد و بالعکس با افزایش مطلوبیت تناژ بار نیز افزایش می‌یابد. نمودار ۴ روند تغییرات تناژ بار در سالهای آینده را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار تناژ بار انتقال یافته در مسیر ریلی مورد نظر به مقدار ۱۰۲۲۳۸۰ تن در سال ۱۴۰۴ می‌رسد.

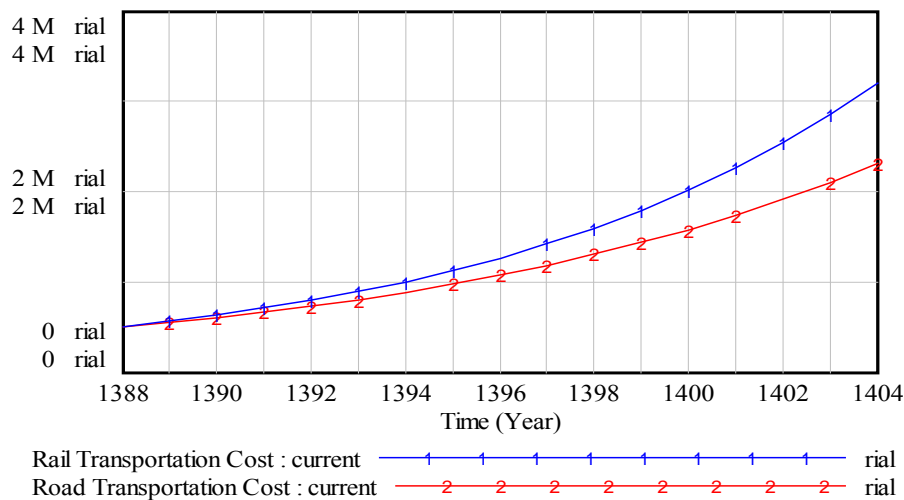
۲-۵ وضعیت مدل پس از اعمال سناریوها

به منظور بهبود سطح مطلوبیت کریدور ریلی در مسیر

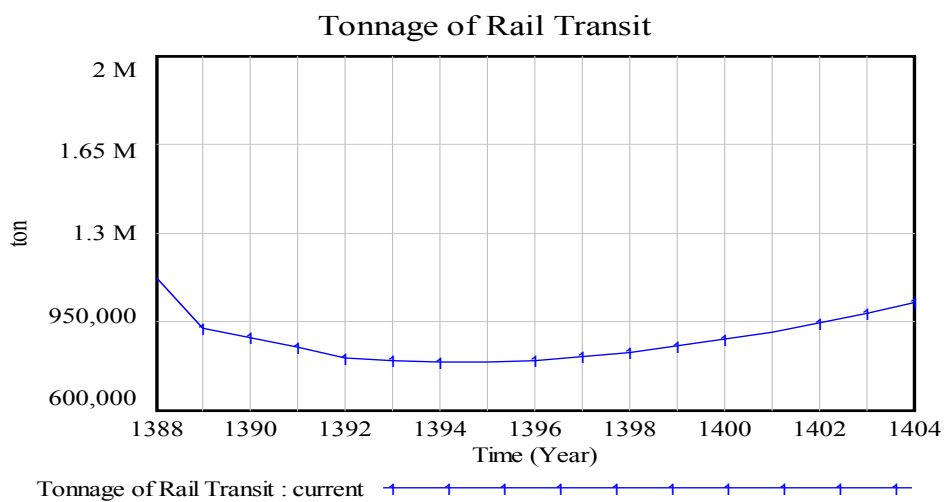
جدول ۳. پیش بینی درصد تغییرات مطلوبیت تا سال

۱۴۰۴

سال	میزان مطلوبیت	درصد تغییرات	سال	میزان مطلوبیت	درصد تغییرات
۱۳۸۸	۰,۲۷۸	----	۱۳۹۷	۰,۲۳۹	۰,۳۳۴
۱۳۸۹	۰,۲۵۳	-۹,۰۰۹	۱۳۹۸	۰,۲۴۱	۰,۹۵۳
۱۳۹۰	۰,۲۴۸	-۱,۸۶۱	۱۳۹۹	۰,۲۴۴	۱,۲۰۷
۱۳۹۱	۰,۲۴۳	-۱,۸۲۲	۱۴۰۰	۰,۲۴۷	۱,۴۰۴
۱۳۹۲	۰,۲۳۸	-۲,۰۸۶	۱۴۰۱	۰,۲۵۱	۱,۵۶۲
۱۳۹۳	۰,۲۳۷	-۰,۶۵۵	۱۴۰۲	۰,۲۵۵	۱,۷۰۹
۱۳۹۴	۰,۲۳۶	-۰,۲۵۹	۱۴۰۳	۰,۲۶۰	۱,۸۳۸
۱۳۹۵	۰,۲۳۶	-۰,۰۸۸	۱۴۰۴	۰,۲۶۵	۱,۹۵۶
۱۳۹۶	۰,۲۳۷	۰,۴۲۰			



نمودار ۳. منحنی تغییرات هزینه حمل و نقل در ریل و جاده بر اساس روند موجود



نمودار ۴. منحنی تغییرات تناژ بار عبوری از مسیر سرخس - بندر عباس بر اساس روند موجود

صورت افزایش آن، مطلوبیت مسیر افزایش یافته و بار بیشتری انتقال پیدا می‌کند. نمودار ۵ تغییرات تناژ بار عبوری از مسیر پس از کاهش ۱۰ درصد و افزایش ۱۰ و ۲۰ درصدی سرعت را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت تا ۲۰ درصد و افزایش مطلوبیت، میزان بار ترانزیتی به ۱۱۴۰۵۰۰ تن در سال ۱۴۰۴ افزایش می‌یابد.

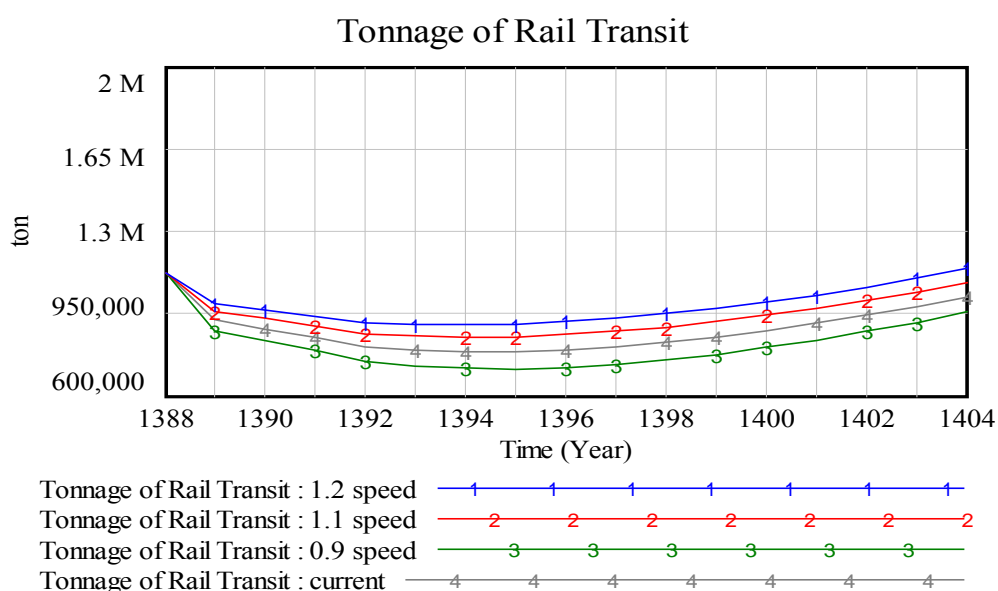
تغییر در میزان زمان توقفات

از مهم‌ترین بخشهای زمان ترانزیت که حدود ۴۵ درصد آن

سرخس - بندر عباس ، سناریوهایی پیشنهاد شده است و تغییرات سطح مطلوبیت کRIDورها در صورت اعمال هر یک از این سناریوها برآورد شده است.

تغییر در سرعت سیر قطارها

زمان کل ترانزیت مهم ترین پارامتر تاثیرگذار در مطلوبیت یک مسیر ریلی است که باید با اعمال تغییراتی در پارامترهای تشکیل دهنده آن، مقدار کل زمان کاهش یابد. سرعت فعلی سیر قطارها در مسیر، ۵۵ کیلومتر بر ساعت است که در



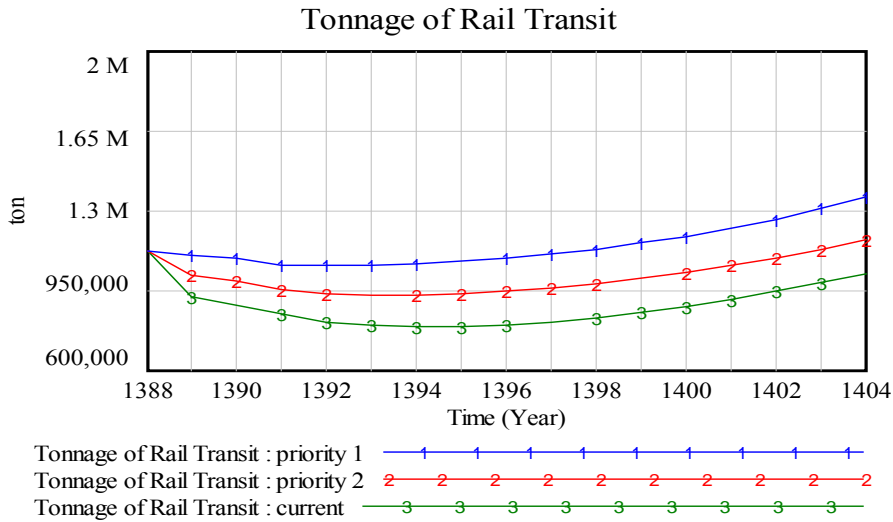
نمودار ۵. منحنی تغییرات تناژ بار عبوری پس از اعمال تغییرات سرعت

در مسیر به ۱۳۵۸۸۹۰ تن در سال ۱۴۰۴ افزایش می‌یابد که با توجه به ارقام موجود حجم قابل توجهی است.

تغییر حق دسترسی راه آهن

برای تغییر در هزینه حق دسترسی به شبکه ریلی، چهار سطح سناریو طراحی شده است. سطح چهار نشان دهنده

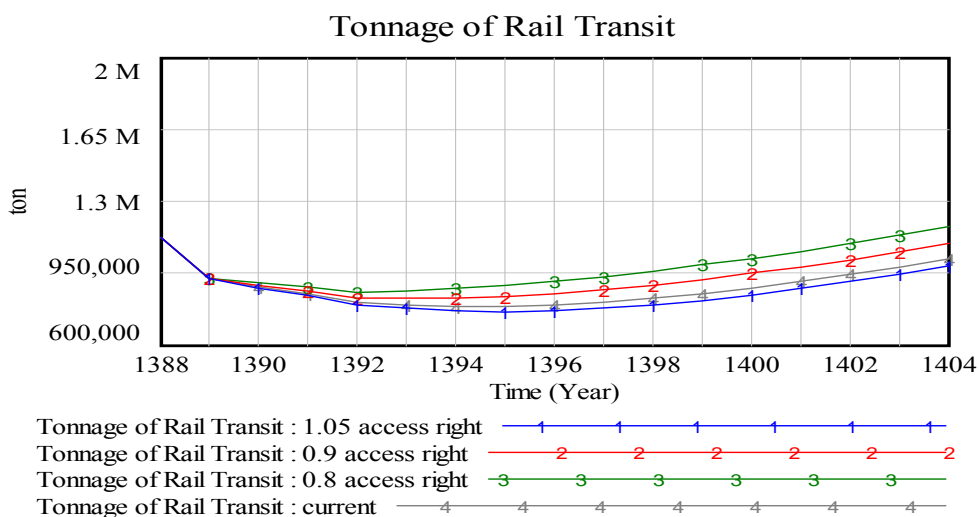
را تشکیل می‌دهد، زمان های توقف قطار است. جمع زمانهای توقف قطار در شرایط فعلی ۳۱ ساعت است که می‌توان با تغییر در اولویت قطارهای ترانزیتی و اعمال تمهیداتی این زمان را کاهش داد. نمودار ۶ تغییرات تناژ بار عبوری از مسیر، پس از کاهش زمانهای توقف به ۲۵ ساعت (اولویت ۲) و ۲۰ ساعت (اولویت ۱) را نشان می‌دهد. با قرار دادن سطح اولویت یک برای قطارهای ترانزیتی، مقدار تناژ بار عبوری



نمودار ۶. منحنی تغییرات تناژ بار عبوری پس از اعمال کاهش زمان توقفات

طرف راه آهن اعمال می‌شود. تغییرات مربوط به تناژ عبوری از مسیر با اعمال سناریوهای مربوطه در نمودار ۷ آورده شده است. با کاهش ۲۰ درصد در حق دسترسی دریافتی راه آهن، میزان تناژ بار عبوری در مسیر به ۱۱۷۹۰۰۰ تن در سال ۱۴۰۴ افزایش می‌یابد.

وضعیت فعلی در دریافت حق دسترسی یعنی ۸۰ درصد نرخ تعرفه ریلی است. در سطح سه میزان این حق دسترسی به اندازه ۵ درصد افزایش می‌یابد. در سطح دو ۱۰ درصد کاهش و در سطح یک ۲۰ درصد کاهش در حق دسترسی دریافتی از



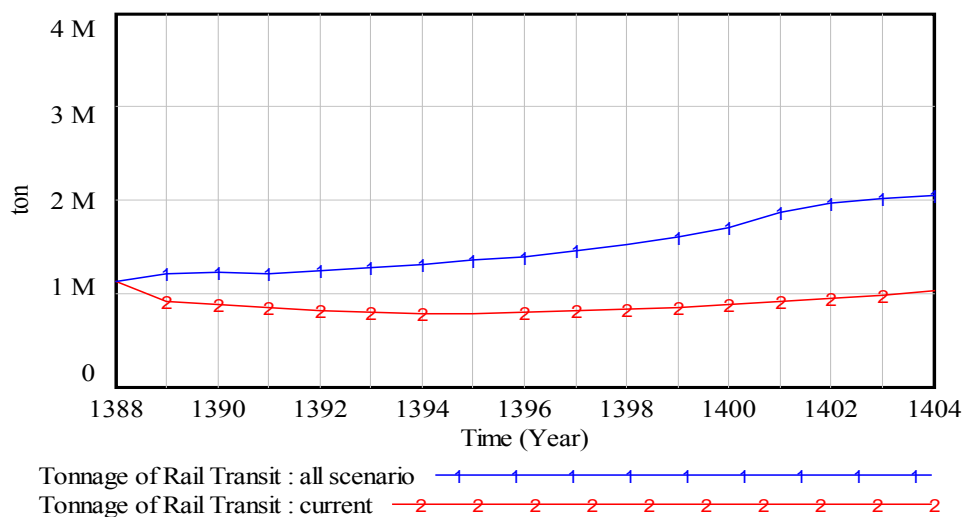
نمودار ۷. منحنی تغییرات تناژ بار عبوری پس از اعمال تغییرات حق دسترسی

تأثیر همزمان سناریوها

پس از اعمال تمامی سناریوها نشان می‌دهد. از آنجا که پس از اعمال همزمان سناریوها سطح مطلوبیت، رشد چشم‌گیری پیدا می‌کند، به تبع آن، میزان تناژ بار عبوری در مسیر تا ۲۰۵۳۱۹۰ تن در سال ۱۴۰۴ افزایش می‌یابد. انتقال این حجم بار در سال ۱۴۰۴ نشانه پیشرفت بسیار خوبی در این زمینه و بیانگر این مسئله است که تغییر هر یک از عوامل به تنهایی تاثیر زیادی بر روی مطلوبیت یک مسیر ترانزیتی ندارد و اعمال توأم آنها برای ایجاد یک تغییر اساسی لازم است.

در این مرحله سناریوهای سرعت، زمان توقفات و حق دسترسی به صورت هم‌زمان در مدل اعمال می‌شوند و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند. در اینجا بهترین حالت سرعت، یعنی ۲۰ درصد افزایش، بهترین حالت زمانهای توقف، یعنی کاهش از ۳۱ ساعت به ۲۰ ساعت و بهترین حالت حق دسترسی، یعنی کاهش ۲۰ درصدی، در نظر گرفته می‌شود. نمودار ۸ تغییرات تناژ بار عبوری در مسیر مورد بررسی را

Tonnage of Rail Transit



نمودار ۸. منحنی تغییرات تناژ بار عبوری پس از اعمال هم زمان سناریوها

۶- نتیجه گیری

پویایی‌های سیستم، Vensim PLE v 5,10، پیاده سازی و با استفاده از اطلاعات واقعی مسیر سرخس - بندر عباس تمامی پارامترها کالیبره شده است. سپس مدل برای ۱۵ دوره یک ساله شبیه سازی شده و وضعیت ترانزیت ریلی در مسیر مورد نظر در سالهای آینده برآورد شده است. همچنین علاوه بر برآورد وضعیت ترانزیت ریلی در سالهای آینده، سایر نتایج به دست آمده از این مطالعه به شرح زیر است:

- بر اساس نتایج به دست آمده از آمار حمل و نقل بار در

در این تحقیق سعی شده مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در مطلوبیت یک کریدور ریلی ارزیابی شوند. مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در مطلوبیت یک مسیر ترانزیتی ریلی شناسایی شده و به کمک آنها یک مدل دینامیکی برای مطلوبیت کریدور ریلی ارائه شده است. وزن نسبی هر یک از پارامترها در تابع مطلوبیت به کمک پرسشنامه و با استفاده از نظر خبرگان تعیین شده است و مدل مورد نظر در نرم افزار

سرخس- مطهری"، گزارش گروه بهره برداری مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن.

- قهرمانی، حسین، نیکو، نریمان و یحیی یی، محمد سعید (۱۳۸۹) "بررسی بازار حمل و نقل ریلی بار در شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از دیدگاه سیستم دینامیکی"، دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.

- محسنی، مهدی (۱۳۸۱) "بررسی موانع فیزیکی، اقتصادی و مدیریتی ترانزیت (بین‌المللی) کالا در ایران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

- Banomyong, Ruth (2001) "Modeling freight logistics: the Vientiane Singapore corridor", International Conference on Integrated Logistics in Singapore.

- Miller-Hooks, Elise, Mahmassani, Hani, Nair, Rahul, Zhang, Kuilin, Charan Arcot, Vishnu, Kuo, April, Chung-Cheng, Lu, Dong, Jing and Kozuki, Aaron (2007) "Assessing service design options and strategies for overcoming barriers in the Reorient intermodal freight transport corridor", European Transport Conference.

- Tong, Jian, Wen, Haitao, Xuemei, Fan and Kummer, Sebastian (2010) "Designing and decision making of transport chains between China and Germany", International Journal of Intelligent Systems and Applications, 2:1-9.

- Vasilis V, Aidas and Barysiene, Jurgita (2008) "Analysis of Lithuanian transport sector possibilities in the context of European-Asian trade relations", Transport, Vol. 23, No. 1: pp.21-25.

کشور، در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از بارهای ترانزیتی از طریق جاده جا به جا می شوند و این موضوع مغایر با سیاستهای کلان کشور در زمینه حمل و نقل بار است.

• مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر مطلوبیت یک مسیر ترانزیتی به ترتیب اهمیت عبارتند از: زمان ترانزیت، هزینه پرداختی به راه آهن بابت حق دسترسی به شبکه ریلی، قابلیت اطمینان در سیر قطارهای باری، ایمنی حمل و نقل و هزینه پرداختی در جاده.

• افزایش مطلوبیت یک کریدور ریلی، مستلزم تغییر پارامترهای تاثیرگذار در مطلوبیت است. نتایج نشان می دهند که تغییر هر یک از پارامترها به تنهایی بهبود چندانی در سطح مطلوبیت ایجاد نمی کند و تغییرات همزمان پارامترهای موثر است و می تواند سطح مطلوبیت و تقاضای ترانزیت ریلی را به صورت قابل توجهی بهبود بخشد.

۷. مراجع

- سالنامه آماری حمل و نقل ریلی کشور ۱۳۸۰-۱۳۹۰.

- آمار سالیانه حوادث راه آهن ۱۳۸۰-۱۳۸۸.

- آمار نامه های وزارت راه و شهرسازی ۱۳۸۰-۱۳۹۰.

- آمار راه آهن های کشورهای عضو UIC، ۲۰۱۱.

- ابوطالب پور، علی (۱۳۸۱) "روش های بهره وری ترانزیت: مطالعه موردی کریدور شمال جنوب"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

- امیر احمدیان، بهرام (۱۳۸۷) "حمل و نقل و ترانزیت در آسیای مرکزی"، مطالعات اوراسیای مرکزی، مرکز مطالعات عالی بین‌المللی، دانشکده حقوق و علوم سیاسی، سال اول، شماره ۲، ص. ۲۹-۴۸.

- برهانی، سید محسن، قادری، حمید رضا و نجاتی، سعید (۱۳۹۱) "ارائه راهکارهای رفع مشکل ترانزیت در مسیر

