مطالعه آثار و نتایج اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از اضافه شدن یک خط آهن جدید به شبکه حمل‌ونقل ریلی

پژمان صالحی [۱*]، مهران خلج

۱*- دانشکده مهندسی صنایع ، دانشگاه آزاد پرند

۲- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند

ایمیل نویسنده مسئول: pejmansalehi.metro@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۱۰/۲۴

چکیده

سیاست‌های مرتبط با توسعه حمل‌ونقل و سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌های ترانزیتی در کشورهای مختلف، متفاوت است. بااین‌حال اقدامات صورت گرفته برای بهبود عملکرد صنعت حمل‌ونقل و نیز به‌طور هم‌زمان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و CO_2اهمیت بیشتری یافته است. در ایران نبود بسترهای لازم و زیرساخت‌های موردنیاز سبب پایین بودن بهره‌وری حمل‌ونقل و تبع آن افزایش هزینه‌ها شده است. از سوی دیگر آلودگی هوا که ناشی از انتشار CO_2 است خود یکی از علل ناکارآمدی بخش حمل‌ونقل به شمار می‌رود تا آنجا که در اسناد بالادستی دولت به ارائه استراتژی‌های جذب سرمایه و مشارکت بخش‌های عمومی و خصوصی در توسعه صنعت حمل‌ونقل ریلی پرداخته است. در این تحقیق با استفاده از یک الگوی دومرحله‌ای به ارزیابی تأثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی مورد انتظار ازلحاظ نمودن یک خط جدید ریلی پرداخته‌شده است و نتایج آن به توصیه پیشنهادهایی برای افزایش ظرفیت حمل‌ونقل ریلی به شرح روبرو شده است: نخست) یک مدل متعادل و شبکه‌ای برای شبیه‌سازی جریان‌های حمل‌ونقل بار بین مناطق تولید غلات و ارزیابی فواید اقتصادی توسعه شبکه ریلی از طریق انجام اندازه‌گیری‌های مرتبط از منظر کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و نیز کاهش انتشار CO_2 که خود ناشی از احداث یک خط راه‌آهن جدید است ب) انجام تجزیه‌وتحلیل‌های هزینه - فایده برای رتبه‌بندی ارزش سرمایه‌گذاری در راه‌آهن با توجه به میزان سهم اقتصادی و زیست‌محیطی آن.یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که پیاده‌سازی و بهره‌برداری از یک خط ریلی جدید می‌تواند تا ۱۷ درصد هزینه کل حمل‌ونقل را کاهش دهد. همچنین کاهش بیست‌درصدی از کل انتشار CO_2 برای مناطق کاشت و برداشت غلات از دیگر دستاوردهای اقتصادی و زیست‌محیطی مطالعه است که برای تأمین مالی و بهره‌گیری از پتانسیل‌های بخش خصوصی و عمومی، جذاب و انگیزه‌بخش به نظر می‌رسد.

کلمات کلیدی

"شبکه حمل و نقل ریلی"، "تحلیل هزینه – فایده"، "سرمایه گذاری"، "انتشار گاز CO_2"

۱- مقدمه

شاخص‌های مورداستفاده برای تعیین سیاست‌های حمل‌ونقل و هدایت سرمایه‌گذاری‌ها در بخش زیرساخت برای مناطق مختلف، متفاوت به نظر می‌رسد. بااین‌حال دو هدف عمده دراین‌بین به‌صورت مشترک از اهمیت برخوردار است: نخست نیاز به بهبود کارایی شبکه حمل‌ونقل به‌منظور کاهش آلودگی‌های ناشی از حمل‌ونقل بار و مسافر (آبراهام[۱] و همکاران، ۲۰۱۲) و دوم افزایش سهم راه‌آهن به‌عنوان یک وسیله نقلیه پاک در ماتریس حمل‌ونقل؛ بنابراین ضرورت استفاده از الگویی که هردوی این اهداف را برآورده نماید، مهم به نظر می‌رسد زیرا در میان روش‌های حمل‌ونقل، مُدهای ریلی در مقایسه با جاده‌ای مصرف انرژی و آلودگی کمتری دارند. همچنین ظرفیت حمل بار و مسافر بیشتر در هر سفر در مقایسه با مُد جاده‌ای که به عرض بزرگراه‌ها و ترافیک نیز وابسته است از مزایای دیگر حمل‌ونقل ریلی است. جاده‌ها سهمی نزدیک به تقریباً ٦١.١٪ از کل محموله‌های حمل شده را از آن خود دارند، و این در حالی است که در برخی کشورهای توسعه‌یافته با ابعاد جغرافیایی نسبتاً مشابه، چنین مقداری کمتر از ۳۰٪ می‌باشد (CNT، ۲۰۱۸). در یک مطالعه موردی که لزوم تمرکز بر حمل‌ونقل داخلی برای صادرات و انتقال محصولات کشاورزی نظیر: گندم، ذرت و سویا و غیره... را موردبررسی قرار داده آمده است که تقریباً تا حدود ۵۰٪ آن توسط بخش جاده‌ای، ٤٠٪ توسط بخش راه‌آهن و ۱۰٪ از طریق راه‌های آبی حمل‌ونقل می‌شود (حمل‌ونقل ریلی برزیل، ۲۰۱۹). در آمارهای حمل‌ونقل

[۱] - Abraham

عمومی این کشور آمده است که برزیل بیش از ۱.۷ میلیون کیلومتر جاده دارد و این در حالی است که تنها ۳۰ هزار کیلومتر شبکه ریلی فعال وجود داشته و ۲۰ هزار کیلومتر نیز راه‌آبی برای ترانزیت کالا و بار وجود دارد (همان منبع، ۲۰۱۹). این آمار همچنین نشان می‌دهد که کل سرمایه‌گذاری‌های عمومی صورت گرفته در زیرساخت‌های جاده‌ای، ریلی، بندری، هوایی و آبی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷؛ تا حدود ۳۷ درصد کاهش داشته است (آرویس[۱] و همکاران، ۲۰۱۸). به‌طور مشابه در همین بازه زمانی، میزان حمل‌ونقل غلات، سویا و ذرت تولیدی در کشور یادشده ٦١٪ افزایش‌یافته است (اکیسی[۲] و همکاران، ۲۰۱٦). سطح اراضی تحت کشت برای حمایت از تولیدات اضافی با گسترش قلمرو زارعت و تبدیل‌شدن به یکی از قطب‌های صادراتی ضرورت پویایی عملکرد حمل‌ونقل را در این کشور نشان می‌دهد و این حالی است که توسعه حمل‌ونقل چندان صورت نگرفته است و از سوی دیگر مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) به سطح بسیار بالاتری رسیده است. بخش حمل‌ونقل حدود ۳۵ درصد از سوخت‌های فسیلی را مصرف می‌نماید و بیش از ٤٨ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در این کشور به علت فعالیت این بخش است (فولین[۳] و همکاران، ۲۰۱۸). بهره‌وری پایین حمل‌ونقل در این کشور سبب افزایش زیان شده است و هزینه‌های آن تأثیر منفی بر رقابت‌پذیری بخش‌های از اقتصاد خواهد گذارد. عملکرد نامطلوب سیستم حمل‌ونقل به‌ویژه در بخش صادرات غلات، نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل ریلی را برجسته‌تر نموده است. روندهای جهانی برای سرمایه‌گذاری با توجه به سیاست‌های توسعه حمل‌ونقل سبز، به‌منظور ایجاد پویائی حمل‌ونقل و نیز تدارکات برای توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی مستمر شهروندان را ضروری می‌نماید (أکیارو[٤] و همکاران، ۲۰۱٤). بااین‌حال نگرانی‌های فزاینده‌ای در خصوص حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار با لحاظ اثرات خارجی متنوع و پراکنده‌ی سیستم‌های حمل‌ونقل وجود دارد و مسئولانی را که برنامه‌ها و سیاست‌های حمل‌ونقل و لجستیک را توسعه می‌دهند، مدام تحت‌فشار قرار داده تا آنجا که ملاحظات زیست‌محیطی و اجتماعی را در طرح‌های جامع بر اساس تحلیل‌های اقتصادی مدنظر قرار داده‌اند (چانگ[٥] و همکاران، ۲۰۰۸). این هدف برای به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی لجستیک با عنوان «لجستیک سبز» شناخته می‌شود (ماچاریس[٦]، ۲۰۱٤). آسیب‌ها و مضرات ناشی از آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی؛ کشورها را مجبور به اتخاذ یک دستور کار مشترک نموده است که در مقوله کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی خلاصه می‌شود (داورزنی[۷]، ۲۰۱۲). پروتکل ۱۹۹۷ کیوتو و توافقنامه پاریس در سال ۲۰۱۵ نمونه‌هایی از توافقنامه‌های بین‌المللی برای ترغیب تلاش‌های بلندپروازانه به‌منظور مقابله با تغییرات آب‌وهوایی و سازگاری با اثرات زیست‌محیطی هستند (UNFCCC، ۲۰۱۸) در مطالعه آبراهام و همکاران (۲۰۱۲) در خصوص سایر ابتکارات صورت گرفته توسط دولت‌های مختلف ملی برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی، به‌ویژه از طریق سرمایه‌گذاری در جایگزین‌های انرژی و کارآمدتر شیوه‌های فعلی برای مدیریت آن، ازجمله مواردی است که در بخش حمل‌ونقل موردتوجه سیاست‌گذاران قرارگرفته است. نیاز مبرم به کربن‌زدایی در بخش‌های حمل‌ونقل به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ضرورت کاهش اثرات منفی جانبی زیست‌محیطی در این بخش را به‌طور معناداری افزایش داده است (دوکروت[۸] و همکاران، ۲۰۱٦). بخش حمل‌ونقل منشأ تقریباً ۲۳ درصد از کل انتشار CO_2 مرتبط باانرژی در جهان (معادل ٦/۷ گیگا تن CO_2) تنها در سال ۲۰۱۰ بوده است (همان منبع، ۲۰۱٦). این در حالی است که باوجود اعمال سیاست‌های طراحی‌شده برای کاهش مصرف سوخت و جایگزینی وسایل نقلیه پرمصرف با انواع انرژی‌های کارآمدتر در ناوگان فعلی حمل‌ونقل، همچنان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از بخش حمل‌ونقل پتانسیلی تا حدود تقریباً دو برابر از سطح به‌دست‌آمده برای آن در سال ۲۰۱۰ به حدود ۱۲ گیگا تن CO_2 تا سال ۲۰۵۰ بوده است (فاریاس[۹]، ۲۰۱۸). بااین‌حال بدون اجرای سیاست‌های پایدار مرتبط با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و CO_2 می‌توان انتشار آن را در بخش حمل‌ونقل مسافر و بار از طریق اجتناب از سفرهای غیرضروری تا حد امکان کاهش داد. تغییر الگوهای مصرف به سمت استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل کم‌کربن و

۱ - Arvis
۲ - Ekici
۳ - Faulin
٤ - Acciaro
٥ - Chang
٦ - Macharis
۷ - Davarzani
۸ - Ducruet
۹ - Farias

کاهش تراز شدت انرژی مصرفی در واحدهای (مسافر-کیلومتر یا تُن-کیلومتر) و کاهش شدت کربن تولیدشده (CO_2eq/MJ) از طریق بهره‌گیری از سوخت‌های جایگزین ازجمله اقدامات دولت‌های بسیاری از کشورها و گروه‌های زیست‌محیطی منطقه‌ای طی سال‌های اخیر برای کاهش انتشار CO_2در بخش حمل‌ونقل بوده است (گوهومنه[۱] و همکاران، ۲۰۱۶). کتاب سفید اتحادیه اروپا یک نقشه راه مناسب برای یک حوزه حمل‌ونقل واحد اروپایی به سمت ایجاد یک سیستم حمل‌ونقل رقابتی و کارآمد بوده است (اتحادیه اروپا، ۲۰۱۱). لحاظ نمودن اهداف بلندپروازانه برای کربن‌زدایی توسط این اسناد تعیین و بر مدیریت و تثبیت مصرف انرژی به‌عنوان یک استراتژی برای به حداقل رساندن اثرات منفی زیست‌محیطی در اکوسیستم اروپا به‌طور مثبت تأکید شده است به‌طوری‌که علاوه بر تضمین رشد اقتصادی تأثیرات زیست‌محیطی را نیز لحاظ نماید (هایلیگ[۲]، ۲۰۱۷). همچنین، مقررات اتحادیه اروپا که در دستورالعمل شماره ۲۰۱۳/۱۳۱۵ برای توسعه‌ی شبکه حمل‌ونقل اروپایی (TEN-T) ایجاب می‌نماید که بسیاری از اقدامات و سیاست‌های اختصاص‌یافته در راستای توسعه پایدار طراحی شوند (یشی زاکا[۳]، ۲۰۱۳).در سال ۲۰۱۴، روسیه «استراتژی‌های حمل‌ونقل روسیه تا سال ۲۰۳۰» با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل‌ونقل جاده‌ای و نیز شفاف‌سازی سوددهی حاصل از استقرار سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و کم‌کربن را پیاده‌سازی نمود (کویراتنا[۴]، ۲۰۱۸). اهداف مربوط به استراتژی‌های حمل‌ونقل روسیه، ارائه خدمات لجستیکی مرتبط با حمل‌ونقل بار مقرون‌به‌صرفه، رقابتی و با کیفیت بالا در راستای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی این بخش تا سال ۲۰۳۰ تبیین شده است (همان منبع، ۲۰۱۸). بااین‌حال، درحالی‌که استراتژی‌های حمل‌ونقل روسیه صریحاً کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را تعیین می‌نماید، هدف کارکردی معینی را برای کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تدقیق ننموده است. در این زمینه کویراتنا و همکاران (۲۰۱۸) بسته‌ای پیشنهادی از توصیه‌ها و اقدامات را ارائه داده‌اند که در صورت اجرای آن می‌توان بهره‌وری انرژی سیستم حمل‌ونقل روسیه را تا حدود زیادی بهبود بخشید و سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از آن را تا حد قابل قبولی کاهش می‌داد. دولت هند نیز مجموعه‌ای از سیاست‌ها و اقدامات را برای کاهش اثرات منفی بخش حمل‌ونقل در این کشور را بر محیط‌زیست پیشنهاد نموده که شامل سیاست‌های ملی حمل‌ونقل شهری مصوب سال ۲۰۱۴ به‌منظور تدوین مأموریت برای نوسازی و بازآفرینی شهری بر اساس توسعه حمل‌ونقل همگانی و ریل پایه با تأکید بر بازپس‌گیری شهرها از خودروها و تصویب برنامه‌ها و طرح‌های تولید و ساخت فوری الکتریکی/هیبریدی بوده است (مونیم[۵] و همکاران ، ۲۰۲۰). در ادامه برای تحقق اهداف یادشده و برنامه‌ریزی جامع مرتبط با آن، سیستم حمل‌ونقل کشور به چهار بردار کلیدی برای تحقق استراتژی تقسیم گردید: خودروها، زیرساخت‌ها، انرژی و سوخت؛ و مدیریت هوشمند منابع انرژی (همان منبع، ۲۰۲۰). همچنین در سال ۲۰۱۲، وزارت حمل‌ونقل ایالات‌متحده (UDOT) طرح جامع مدیریت انرژی و حمل‌ونقل کارآمد را برای ایالات‌متحده را منتشر نمود. این گزارش سیاست‌هایی را تلخیص می‌نماید که می‌تواند پایه‌ای مطلوب را برای اقتصاد انرژی سبز از طریق بهبود کارایی خودروهای سنگین و سبک و تشویق کاربران به استفاده از سوخت‌های جایگزین از طریق تنظیم استانداردهای مرتبط با انرژی و نیز استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و توسعه‌ی فن‌آوری‌های نوین برای تجهیز وسایل نقلیه و استفاده از سوخت‌های بهبودیافته لحاظ گردیده است (USDOT، ۲۰۱۲). بررسی استراتژی‌ها و اقدامات اصلی پیشنهادشده توسط افراد، نهادها و نیز دولت ایالات‌متحده برای ترویج حمل‌ونقل پایدار توسط بلک (۲۰۱۰) و ژو (۲۰۱۲) فهرست شده است. دولت کانادا نیز مجموعه‌ای از سیاست‌های مربوط به حمل‌ونقل پایدار را با اعمال برنامه‌های استراتژیک مرتبط با آینده‌ی حمل‌ونقل مبتنی بر ترانزیت سبز را در برنامه جامع حمل‌ونقل تا سال۲۰۳۰ لحاظ نموده است (کانادا، ۲۰۱۹a؛ ۲۰۱۹ b). برنامه حمل‌ونقل تا افق سال ۲۰۳۰ شامل بخش‌های «حمل‌ونقل سبز و نوآورانه» است که بر اهداف کاهش اثرات زیست‌محیطی تأکید نموده و شامل مجموعه برنامه‌ها برای پذیرش فناوری‌های جدید در بخش حمل‌ونقل است (نوتوبوم[۶]، ۲۰۱۹).

در چین نیز طرح‌های توسعه لجستیک سبز، توجه دولت را به خود جلب کرده است. ژائو و همکاران (۲۰۰۹) در

۱ - Gohomene
۲ - Heilig
۳ - Ishizaka
۴ - Kavirathna
۵ - Munim
۶ - Notteboom

تحقیق خود با عنوان مطالعه توسعه‌ی لجستیک سبز و مدرن در چین به دولت توصیه می‌کند که توسعه و اجرای سیاست‌ها و قوانین و مقررات مربوطه را برای سرعت بخشیدن به بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل کشور، حمایت از فناوری‌های جدید لجستیکی و ارتقای سرعت حمل‌ونقل را در برنامه‌های خود لحاظ نماید. به نظر می‌رسد که برنامه‌های توسعه لجستیک سبز این پیشنهادها را مدنظر قرار داده است. در حال حاضر، ابتکارات زیادی برای توسعه حمل‌ونقل سبز در چین در سطوح استانی و ملی ایجادشده است. در سطح ملی نیز دولت چین گزارش جامع سال ۲۰۱۹ را منتشر نموده است که در آن برنامه‌های دولت را برای سال مالی ۲۰۱۹ به‌طور کامل تشریح نموده و به حوزه‌های کلیدی بخش حمل‌ونقل که باید موردحمایت قرار گیرند اشاره نموده است. بسیاری از اهداف قبلی که برای تضمین ایمنی حمل‌ونقل سبز (ریلی) در نظر گرفته‌شده بود، مجدداً بازنگری و تدقیق شدند و چندین حوزه اضافی که نیاز به توجه بیشتری دارند را برجسته‌تر نموده است (کینرا[۱]، ۲۰۲۰). در رابطه با تدقیق استانداردهای مرتبط با آلایندگی خودروها در چین از نقشه راه اتحادیه اروپا در رابطه با استانداردهای آلایندگی خودرو در جهت ایجاد استانداردهای China ۵ که مشابه با یورو ۵ است برای خودروهای سبک و وسایل نقلیه سنگین به ترتیب تبعیت شده است (همان منبع، ۲۰۲۰). پکن و سایر مناطق محلی نیز اغلب استانداردهای مرتبط با آلایندگی خودرو را پیش از جدول زمانی سرتاسری (IBID) اجرا می‌نمایند. سیاست‌های مرتبط با حمل‌ونقل سبز با توجه به تعهد دولت برزیل در بیست و یکمین کنفرانس اعضای کنوانسیون اقلیمی سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب‌وهوا (COP-۲۱) برای دستیابی به کاهش ۳۷ درصدی گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۲۵ و کاهش ۴۳ درصدی آن تا سال ۲۰۳۰ (با در نظر گرفتن سال ۲۰۰۵ به‌عنوان سال پایه)؛ دولت برزیل را مکلف به اتخاذ و اجرای «سیاست ملی بیو سوخت‌های زیستی» در سال ۲۰۱۷ و بر اساس قانون فدرال شماره ۲ نمود (کینرا[۲]، ۲۰۲۰). اهداف مهم اتخاذ این برنامه‌ها افزایش سهم سوخت‌های زیستی در ماتریس انرژی ملی برای تحقق مقصود کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) در بخش حمل‌ونقل در یک بازه زمانی ده‌ساله است. برای دستیابی به هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای، دولت برزیل اعلام کرد که تا سال ۲۰۲۸ باید ٤٦ میلیون مترمکعب اتانول برای بخش انرژی تأمین گردد که تقریباً ۵۳٪ نسبت به سطح تولید در سال ۲۰۱٦ افزایش نشان داده است. (همان منبع، ۲۰۲۰). برای کاهش انتشار کل گازهای گلخانه‌ای در بخش‌ها حمل‌ونقل تا میزان ۱۰٪ علاوه بر این، دولت فدرال برنامه مشارکت عمومی و خصوصی را برای افزایش سرمایه‌گذاری در احداث خطوط راه‌آهن جدید اعلام نموده است که انتظار می‌رود پیاده‌سازی طرح‌ها و استقرار این خطوط آهن جدید، رقابت‌پذیری صادرات کشاورزی را در این کشور تا حدود زیادی بهبود بخشد و اثرات مثبت اجتماعی و زیست‌محیطی را به همراه بهبود کارایی در سرتاسر کریدورهای اصلی صادراتی این کشور توأم با کاهش حجم ترافیک و انتشار CO_2 در بخش‌های حمل‌ونقل و نیز کاهش تعداد سفرها با وسایل نقلیه سنگین در جاده‌ها به همراه داشته باشد. همچنین دولت فدرال یک برنامه تجاری مشارکتی بین دولت و بخش خصوصی تدوین نموده است تا حجم سرمایه‌گذاری‌های بخش ریل را برای احداث خطوط جدید افزایش دهد. انتظار می‌رود که احداث خطوط ریلی جدید باعث افزایش مزیت رقابتی برای محصولات اصلی صادراتی کشاورزی در کشور برزیل شود و همچنین توانسته اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی را بهبود بخشد و از طریق افزایش بهره‌وری در کریدرهای اصلی صادراتی کشور و کاهش هزینه‌های حمل بار و نیز انتشار گاز دی‌اکسید کربن در صنعت حمل‌ونقل و همچنین کاهش تعداد سفرهای کامیون‌های سنگین در جاده‌های بهره‌وری را افزایش دهد.در اینجا به خلاصه‌ای از پروژه‌های توسعه ریلی که موردتوجه بخش دولتی و نیز شرکت‌های بخش خصوصی قرارگرفته، اشاره‌کنیم:

۱- خط ریلی F٦ که بندر لوکاس[۳] را به میریتوبا[٤] متصل می‌نماید و دسترسی به مسیر آبی تاپاجوس[۵] را امکان‌پذیر می‌سازد و درنتیجه جابه‌جایی بار را با استفاده از شبکه ریلی برای صادرات از بندر سانتاترم[٦] افزایش می‌دهد. بودجه پیش‌بینی‌شده برای انجام این پروژه ۳/۲۹۰ میلیارد دلار می‌باشد که با جذب سرمایه‌گذارها ساخت ۹۳۳ کیلومتر مسیر ریلی امکان‌پذیر خواهد شد.

۱ - Kinra
۲ - Kinra

۳ - Lucas
٤ - Mirituba
۵ - Tapajos
٦ - Santaterm

۲- خط ریلی FNS که احداث این خط ریلی جدید می‌تواند پالماس[۱] را به استرا دوئست[۲] متصل می‌نماید و دسترسی راه‌آهن را به بندرهای سانتوز[۳] و سائو لوئیس[٤] میسر می‌سازد. بودجه پروژه ۲/۷۲۲ میلیارد پیش‌بینی‌شده است که برای ایجاد ۱۵۳٤ کیلومتر خط آهن موردنیاز است (والک[٥]، ۲۰۱۹).

۳- خط ریلی جدیدی که منطقه باهیا وِست[٦] را به بندر هئوس[۷] متصل می‌نماید. ساخت این خط به طول ۱۰۲۲ کیلومتر مسیر ریلی، به ۱/٦٥ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری احتیاج خواهد داشت (همان منبع، ۲۰۱۹).

٤- خط ریلی جدیدی که هدف از احداث آن خط توسعه مسیر ریلی رورنو[۸] از روندوپلیس[۹] تا کویاحی[۱۰] می‌باشد که در ادامه تا بندر سانتوز دسترسی را ایجاد می‌نماید.

٥- خط ریلی جدیدی که ایسئو[۱۱] را به بندر پیسم[۱۲] و بندر سواپه[۱۳] متصل می‌نماید. آخرین برآوردها نشان از آن دارد که ساخت این خط با طول ۱۷۳٥ کیلومتر راه‌آهن به ۱/۷٤ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری احتیاج خواهد داشت.

با در نظر گرفتن عبور این خطوط آهن از مناطق اصلی تولید محصولات کشاورزی، انتظار می‌رود که پس از ساخت و بهره‌برداری از این خطوط ریلی برای حمل‌ونقل غلات و سایر محصولات استفاده شود.

اقدام دیگر دولت برزیل در راستای ارتقای اثرات زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل تنظیم برنامه روتا[۱٤] ۲۰۳۰ بازمی‌گردد که در آن صنایع اتومبیل‌سازی تشویق می‌شوند تا با ارتقای اثربخشی موتورها و افزایش به‌کارگیری تکنولوژی مرتبط با سوخت‌های پاک مانند اتانول، بیودیزل و سی ان جی و نیز درعین‌حال تغییر به سمت ماشین‌های برقی و استفاده از باطری‌های ذخیره و مولد انرژی را بهینه‌سازی مصرف سوخت را دنبال نمایند.

۱ - Palmas
۲ - Estrela D'Oeste
۳ - Santos
٤ - Sao Luis
٥ - Valec
٦ - Bahia West
۷ - llheus
۸ - Rurno
۹ - Rondonopolis
۱۰ - Cuiahi
۱۱ - Eliseu
۱۲ - Pecem
۱۳ - Suape
۱٤ - Rota

۲- روش انجام تحقیق

به‌منظور پیش‌بینی جریان حمل‌ونقل بار بین تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان و انجام برنامه‌ریزی در سطوح استراتژیک استفاده از مدل‌های ریاضی برای فرموله کردن جریان حمل‌ونقل بین منطقه‌ای ضروری به نظر می‌رسد. جداول مبدأ و مقصد کل میزان کالای حمل شده از هر مبدأ به سمت مقاصد را نشان می‌دهند. از این نوع داده‌ها برای ارزیابی هزینه کل، میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و انرژی مصرف‌شده استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از آن‌ها برای شناخت تنگناها و کاستی‌ها و تعیین مؤثرترین شبکه حمل‌ونقل بهره گرفت.از زمان استفاده از نخستین متدها (الگوی هاروارد) برای بررسی جریان حمل‌ونقل بین منطقه‌ای، متحققان روش‌های متعددی را برای ارتقای شیوه‌های بررسی جریان حمل‌ونقل ارائه نموده‌اند که شامل توابع غیرخطی در هزینه‌های حمل‌ونقل،توابع قیمتی، عرضه و تقاضا، شبکه‌های حمل‌ونقل چندوجهی با ظرفیت محدود، توابع تأخیر و همچنین سایر عوامل لجستیکی که به واقعی شدن مدل در سیستم حمل‌ونقل کمک می‌کند، می‌شود. به‌طورکلی مدل‌های بین منطقه‌ای به دودسته تقسیم می‌شوند نخست: مدل موازنه‌ی قیمت فضایی و دوم مدل موازنه شبکه که با استفاده ازهر دو مدل می‌توان به بهترین تقسیم جریان حمل‌ونقل بین مبادی و مقاصد برای رسیدن کمترین هزینه دست‌یافت.بر اساس مدل ارائه‌شده توسط فریز و هارکر[۱٥] (۲۰۰۱) تفاوت اصلی میان مدل‌های SPE و NEM در آن است که مدل SPE توابع عرضه و تقاضا را وابسته به قیمت در نظر می‌گیرد و این در حالی است که مدلNEM میزان عرضه و تقاضا را به‌عنوان یک متغیر بیرونی در محاسبات لحاظ می‌کند. به‌عنوان یک اشکال مدل NEM تأثیر تغییرات هزینه حمل بار را در مقدار تقاضا در منطقه مصرف در نظر نمی‌گیرد و به همین خاطر این پارامتر عمدتاً خارج از راه‌حل مدل موردبررسی قرار می‌گیرد. اما به‌عنوان یک مزیت مشاهده می‌شود مدل NEM امکان فرموله کردن به‌صورت برنامه‌ریزی خطی را برای ساختار مدل‌ها فراهم می‌نماید که درنتیجه ایجاد حداقل و حداکثر مقادیر کران بالا و پایین را تضمین می‌نماید. همچنین طبقه‌بندی مدل‌ها به برآورد شدت وابستگی تابع عرضه و تقاضا ارتباطی ندارد.استفاده از مدل NEM برای

۱٥- Friese and Harker

بررسی میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در عملیات حمل‌ونقل توسط مطالعات فراوانی ارائه و مورداستفاده قرارگرفته است.مدل توسعه‌یافته برای تحقیق حاضر بر اساس مفهوم الگوی جریان شبکه‌ای چند محصولی[۱] تدوین‌شده است.تنظیم‌شده است.

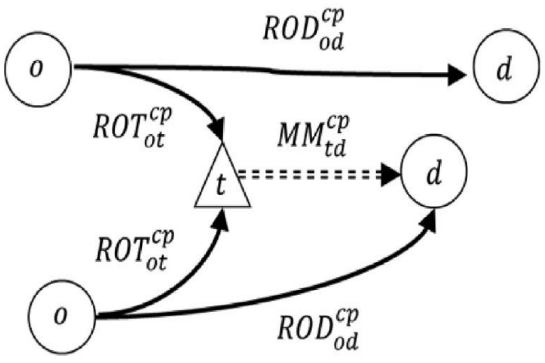
۱-۲- فرموله سازی مدل

چنانکه پیش‌تر نیز گفته شد مدل ارائه‌شده در این تحقیق بر اساس اصول مدل‌سازی موازنه چندهدفه‌ی شبکه‌ای می‌باشد. اهداف این الگو به شرح زیر می‌باشد:

۱- تحقق بهینه جریان حمل‌ونقل غلات بین مناطق تولید و عرضه و تقاضا در یک شبکه حمل‌ونقل داخلی و به‌طور هم‌زمان کاهش هزینه کل حمل‌ونقل

۲- محاسبه دی‌اکسید کربن تولیدشده توسط جریان حمل‌ونقل و شبیه‌سازی اثرات ایجاد زیرساخت‌های جدید حمل‌ونقل ریلی در شبکه داخلی بر روی هزینه‌های حمل و نیز میزان تولید دی‌اکسید کربن؛ که پیش‌فرض اصلی در این مدل بر این اساس است که تأمین‌کنندگان غلات همواره ارزان‌ترین روش حمل‌ونقل را انتخاب می‌کنند.

در ادامه به شبکه حمل‌ونقلی که عرضه و تقاضای غلات را در مناطق مختلف به یکدیگر منتقل می‌نماید مورداشاره قرار می‌گیرد که درنتیجه متغیرهای اصلی استفاده‌شده در این سیستم را بررسی می‌گردد. شبکه حمل‌ونقل مرتبط با این مدل به‌صورت گرافیکی در نگاره شماره یک ارائه‌شده است.



شکل ۱- متغیرهای اصلی در الگوی مفهومی پژوهش برای شبکه حمل‌ونقل

با توجه به مدل مفهومی پژوهش، تعاریف گره‌های حمل‌ونقل ریلی و متغیرهای برجسته در آن به شرح زیر می‌باشد:

d: مناطق تقاضا (مقصد) که می‌توانند مناطق داخلی باشند و یا پایانه‌های ارائه کالاهای صادراتی

c: بازار تقاضا که در بازار داخلی به‌صورت dm و در بازارهای بین‌المللی به‌صورت im طبقه‌بندی می‌شود.

t: پایانه‌های حمل‌ونقل دریایی که در آن محصولات بر روی وسیله حمل‌ونقل جدیدی بارگیری می‌شوند مانند راه‌آهن ، مسیرهای آبی داخلی و غیر جاده‌ای

p : محصول نهایی: که در اینجا غلات می‌باشد.

جدول ۱- معادلات مرتبط با حمل بار و آزمون آماری معنی‌داری در رگرسیون خطی قیمت‌های حمل‌ونقل

رگرسیون خطی	آزمون‌های آماری
$F_{ij} = 8.15 + 0.03368x_{ij}$	تخمین معادله رگرسیون
۰/۷۹	ضریب تشخیص (R^2)
کمتر از ۰/۰۱ درصد	P-value
قیمت پرداخت‌شده برای ۱۱۰۷۳ مورد بار حمل شده	اندازه نمونه‌ها

گره‌هایی که توسط کمان‌ها در شکل شماره یک به هم متصل شده است به مفهوم زیرساخت‌های شبکه حمل‌ونقل است که در راستای جریان بار بین مناطق عرضه و تقاضا به کار می‌رود. متغیرهای زیر انواع مختلف جریان‌های درون منطقه‌ای را تعریف می‌نماید.

ROD_{od}^{cp}: جریان حمل‌ونقل جاده‌ای محصول (p) را بین مبدأ o و مقصد d در بازار (c) را نشان می‌دهد.

ROT_{od}^{cp}: جریان حمل‌ونقل جاده‌ای محصول (p) را بین مبدأ o و نقطه حمل‌ونقل بار توسط راه‌های آبی (t) در بازار (c) را نشان می‌دهد.

MM_{td}^{cd} : جریان حمل‌ونقل چندوجهی محصول (p) را بین نقطه حمل‌ونقل آبی کالا در نقطه (t) و مقصد (d) در بازار(c) را نشان می‌دهد.

تابع هدف در این مدل در پی به حداقل رساندن مجموع کل هزینه حمل بار (c) در هنگام عرضه غلات به مناطق دارای تقاضای داخلی و پایانه‌های صادراتی است که طبق معامله شماره یک تعریف‌شده است:

۱- Multicommodity Network Flow Model

$$C = \sum_o \sum_d \sum_c \sum_p ROD_{od}^{cp}.TC_{od} + \sum_o \sum_t \sum_c \sum_p ROT_{ot}^{cp}.TC_{ot} + \sum_t \sum_d \sum_c \sum_p ROD_{td}^{cp}.TC_{td} \quad (1)$$

TC عبارت است از هزینه حمل‌ونقل (با واحد دلار بر تن برای هر واگن) بین مبدأ و مقصد (TC_{od}) ، مبدأ و پایانه حمل‌ونقل آبی (TC_{ot}) و پایانه آبی و مقصد (TC_{td}) در رابطه شماره یک است. به‌طور مشابه رابطه شماره ۲ به تبیین مجموع کل انتشار کربن می پردازد.

$$CO_2 = \sum_o \sum_d \sum_c \sum_p ROD_{od}^{cp}.ECO_{2od} + \sum_o \sum_t \sum_c \sum_p ROT_{ot}^{cp}.ECO_{2ot} + \sum_t \sum_d \sum_c \sum_p ROD_{td}^{cp}.EOC_{2td} \quad (2)$$

ECO_2: انتشار گاز کربن دی‌اکسید (برحسب تُن در هر تناژ برای واگن حمل کالا) بین مبدأ و مقصد، (ECO_{2od}) نیز بر این اساس و با توجه به ضریب همبستگی تعیین می‌شود.
و حمل‌ونقل آبی میان مبدأ و مقصد به‌وسیله ECO_{2ot} تعیین می‌شود. EOC_{2td} نیز به همین ترتیب ترانزیت میان مبدأ و مقصد را مشخص می سازد.
برای هر ارتباط شبکه‌ای (ECO_2) بر اساس ضریب انتشار دی‌اکسید کربن توسط هر حالت از مُدهای حمل‌ونقل برحسب کیلومتر و نیز در هر تن حمل کالا به‌وسیله واگن از حاصل‌ضرب فاصله‌های بین گره‌های شبکه به دست می‌آید.

برآورد قیمت حمل‌ونقل بار

برآورد قیمت حمل بار میان «مبدأ- مقصد» در شبکه حمل‌ونقل با استفاده از مدل خطی به‌صورت معادله شماره ۳ بیان می‌شود:

$$F_{ij} = \alpha + \beta.x_{ij}$$

در رابطه فوق F_{ij} قیمت باربری بین گره‌های (اوز) (برحسب دلار برای هر تن حمل غلات)
x_{ij} فاصله میان گره i و j برحسب کیلومتر است.
α: برش y از تابع خطی است.
β : شیب تابع خطی است.
شیب تابع خطی (مقادیر مترمربع داده)B
جدول شماره ۲ مصرف سوخت‌های فسیلی را بر اساس هر مُد حمل‌ونقل و نیز ضرایب انتشار CO_2 نشان می‌دهد

جدول ۲- میزان مصرف سوخت برای بخش‌های مختلف حمل‌ونقل

مُد حمل‌ونقل	مقدار مصرف گازوئیل $(\frac{1}{tonne}.10^3 km)$	ضرایب انتشار CO_2	
		kgCO_2/liter of Diesel	kgCO_2/km
جاده‌ای	۱۴/۲	۲/۵۹۱	۰/۰۳۷
آبی	۵	۲/۵۹۱	۰/۰۱۳
ریلی	NA	NA	۰/۰۲۱

۳- نتایج

با توجه به آنکه کمبود منابع مالی و حمایت‌های دولتی در زمره محدودیت‌ها به شمار می‌رود، لذا تجزیه‌وتحلیل سود نهایی و ارزش به‌دست‌آمده از سرمایه‌گذاری در خطوط جدید ریلی از اهمیت برخوردار می‌شود. بنابراین در این مطالعه علاوه بر مدل‌سازی تأثیر کل احداث خطوط جدید بر هزینه‌های حمل‌ونقل و انتشار CO_2 ، اثربخشی هزینه هر سرمایه‌گذاری جدید را به‌عنوان روشی مکمل برای شناسایی سرمایه‌گذاری‌های اولویت‌دار موردبررسی قرار گرفت. جدول شماره سه شاخص‌های اقتصادی پروژه‌های زیرساخت حمل‌ونقل را از منظر سود و سرمایه‌گذاری نشان می‌دهد.

جدول ۳- شاخص‌های پایداری اقتصادی و سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفت در زیرساخت‌های مرتبط با پروژه‌های حمل‌ونقل چندوجهی از منظر هزینه – فایده

زیرساخت	سود به‌دست‌آمده از کاهش هزینه حمل بار			هزینه باربری بعلاوه عواید مالی کاهش انتشار CO_2 برحسب واحد پولی	
	سرمایه‌گذاری	نرخ بازگشت داخلی (برحسب درصد)	متوسط نرخ بهره اقتصادی در سال پایه	نرخ بازگشت داخلی (برحسب درصد)	متوسط نرخ بهره اقتصادی در سال پایه
سناریوی احداث خط جدید ریلی	۷۹۷۰	۱۲/۶	۱۰/۹	۱۲/۹	۱۰/۹

٤- نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که احداث خطوط ریلی ازلحاظ اقتصادی، پروژه‌ای است که بالاترین نرخ بازگشت سرمایه را از دو منظر کاهش انتشار CO_2 و نیز کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل بار دارد .علاوه بر این اجرای چنین پروژه‌هایی موجب رسیدن به دستاوردهای مهم اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود که درنتیجه سرمایه‌گذاری در آن‌ها را توجیه می‌نماید و لذا برای تأمین‌کنندگان مالی و سرمایه گذران به‌ویژه در بخش خصوصی بسیار جذاب است.از سوی دیگر یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در راه‌آهن بر اساس سرمایه‌گذاری‌های بخش عمومی بازده کمتری دارد و لذا ازنظر مالی نیز جذابیت کمتری را برای آن‌ها دارد که نشان‌دهنده وابستگی بیشتر این بخش به درآمدهای عمومی است. بااین‌حال در حالت کلی چنین انتظار می‌رود که یک تجزیه‌وتحلیل با در نظر گرفتن تمام جوانب بارهای در انتظار حمل‌ونقل توسط این زیرساخت‌ها، بازگشت سرمایه‌ی بیشتری را به همراه داشته باشد.علاوه بر این، گنجاندن عایدی‌های مالی مرتبط با سایر اثرات مثبت جانبی مانند کاهش تصادفات و حجم ترافیک بیشتر به شاخصهای سود- هزینه بهتر منتهی می‌گردد. همچنین احداث خطوط آهن جدید می‌تواند عامل مهمی در افزایش تولید اقتصادی در منطقه‌ی تحت نفوذ خود باشد و البته این سود در تحلیل‌های پژوهش حاضر لحاظ نشده است.همچنین انتظار می‌رود آرایش و برپائی آینده زیرساخت‌های شبکه حمل‌ونقل بر مبنای توزیع فضایی فراورده‌های کشاورزی بر روند توسعه کشور در آینده تأثیر مثبت داشته باشد. بنابراین برای تحقیقات آتی مطالعات بیشتری در خصوص تحلیل یکپارچه از تأثیر راهآهن ساختمند و برنامهریزیشده و تغییرات در توزیع فضایی مصنوعات و تولیدات کشور مدنظر قرار گیرد. علاوه بر این، درونی سازی در تحلیل «هزینه-فاید» برای سایر دستاوردهای ناشی از احداث خطوط ریلی جدید نظیر کاهش تصادفات و تراکم ترافیک نیز توصیه می‌شود.

منابع

- Acciaro, M., Vanelslander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Kapros, S., ۲۰۱٤. Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. Marit. Pol. Manag. ٤١ (٥), ٤٨٠–٥٠٠.
- Arvis, J.F., Ojala, L., Wiederer, C., Shepherd, B., Raj, A., Dairabayeva, K., Kiiski, T., ۲۰۱۸. Connecting to Compete ۲۰۱۸: Trade Logistics in the Global Economy. World Bank.
- Chang, Y.-T., Lee, S.-Y., Tongzon, J.L., ۲۰۰۸. Port selection factors by shipping lines: different perspectives between trunk liners and feeder service providers. Mar. Pol. ۳۲ (٦), ۸۷۷–۸۸٥.
- Davarzani, H., Fahimnia, B., Bell, M., Sarkis, J., ۲۰۱٦. Greening ports and maritime logistics: a review. Transport. Res. Transport Environ. ٤٨, ٤٧۳–٤٨٧.
- Ducruet, C., Notteboom, T., ۲۰۱۲. The worldwide maritime network of container shipping: spatial structure and regional dynamics. Global Network ۱۲ (۳), ۳۹٥–٤۲۳.
- Ekici, S¸.¨O., Kabak, ¨O., Ülengin, F., ۲۰۱٦. Linking to compete: logistics and global competitiveness interaction. Transport Pol. ٤٨, ۱۱۷–۱۲٨.
- Elsevier. Forman, E., Peniwati, K., ۲۰۰۱. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. Eur. J. Oper. Res. ۱۰٨ (۱), ۱٦٥–۱٦۹.
- Farias, L.M.S., Santos, L.C., Gohr, C.F., Rocha, L.O., ۲۰۱۹. An ANP-based approach for lean and green performance assessment. Resour. Conserv. Recycl. ۱٤۳, ۷۷–۸۹.
- Faulin, J., Grasman, S., Juan, A., Hirsch, P., ۲۰۱۸. Sustainable Transportation and Smart Logistics: Decision-Making Models and Solutions.

- Gohomene, D.A., Yang, Z.L., Bonsal, S., Maistralis, E., Wang, J., Li, K.X., ۲۰۱٦. The attractiveness of ports in W est A frica: some lessons from shipping lines' port selection. Growth Change ٤٧ (۳), ٤١٦–٤٢٦.

- Heilig, L., Voß, S., ۲۰۱۷. Information systems in seaports: a categorization and overview. Inf. Technol. Manag. ۱۸ (۳), ۱۷۹–۲۰۱.

- Ishizaka, A., Nemery, P., ۲۰۱۳. Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software. John Wiley & Sons.

- Kavirathna, C., Kawasaki, T., Hanaoka, S., Matsuda, T., ۲۰۱۸a. Transshipment hub port selection criteria by shipping lines: the case of hub ports around the bay of Bengal. J. Shipping Trade ۳ (۱), ٤.

- Kavirathna, C.A., Kawasaki, T., Hanaoka, S., ۲۰۱۸b. Transshipment hub port competitiveness of the port of Colombo against the major Southeast Asian hub ports. Asian J. Shipping and Logistics ۳٤ (۲), ۷۱–۸۲.

- Kinra, A., Hald, K.S., Mukkamala, R.R., Vatrapu, R., ۲۰۲۰. An unstructured big data approach for country logistics performance assessment in global supply chains. Int. J. Oper. Prod. Manag. ٤۰ (٤), ٤۳۹–٤٥۸.

- Lirn, T., Thanopoulou, H., Beynon, M.J., Beresford, A.K.C., ۲۰۰٤. An application of AHP on transhipment port selection: a global perspective. Marit. Econ. Logist. ٦ (۱), ۷۰–۹۱.

- Lloyds Maritime Intelligence, ۲۰۱۹. One Hundred Ports ۲۰۱۹.

- meintelligence.informa.com/one-hundred-container-ports-۲۰۱۹.

- Lun, Y.V., ۲۰۱۱. Green management practices and firm performance: a case of container terminal operations. Resour. Conserv. Recycl. ٥٥ (٦), ٥٥۹–٥٦٦.

- Munim, Z.H., Sornn-Friese, H., Dushenko, M., ۲۰۲۰. Identifying the appropriate governance model for green port management: applying Analytic Network Process and Best-Worst methods to ports in the Indian Ocean Rim. J. Clean. Prod. ۲٦۸, ۱۲۲۱٥٦.

- Notteboom, T.E., Parola, F., Satta, G., ۲۰۱۹. The relationship between transhipment incidence and throughput volatility in North European and Mediterranean container ports. J. Transport Geogr. ۷٤, ۳۷۱–۳۸۱. Ossadnik, W., Schinke, S., Kaspar, R.H., ۲۰۱٦.

- UNFCCC, ۲۰۱۸. United Nations framework convention on climate change [WWW Document]. https://unfccc.int/.

- UNICA, ۲۰۱۷. RenovaBio: Cenarios e Simulaç~ao de Impacto.

- USDOT, ۲۰۱۲. USDOT's Energy Blue Print. Efficient Transportation for America, Washington, D.C.

- VALEC, ۲۰۱۹. Ferrovia Norte-Sul.

Studying the economic and environmental effects and results of adding a new railway line to the rail transport network

Pejman salehi[۱]; Mehran khalaj[۲]

[۱] Associate Professor, Faculty of Industrial Engineering, Parand Azad University, Tehran, Iran

[۲] Assistant Professor, Faculty of Industrial Engineering, Islamic Azad University, Parand branch , Tehran, Iran

Abstract

Introduction

The indicators used to determine transportation policies and guide investments in the infrastructure sector seem to be different for different regions. However, two major goals are jointly important: First, the need to improve the efficiency of the transportation network in order to reduce the pollution caused by the transportation of goods and passengers. Railway as a clean means of transportation in the transportation matrix; Therefore, the need to use a model that fulfills both of these goals seems important because among the transportation methods, rail modes have less energy consumption and pollution compared to roads. Also, the capacity to carry more cargo and passengers in each trip compared to the road mode, which depends on the width of highways and traffic, is another advantage of rail transportation.In a case study that examines the need to focus on domestic transportation for the export and transfer of agricultural products such as: wheat, corn, soybeans, etc., it is stated that approximately ٥٠٪ of it is by the road sector, ٤٠٪ by the railway sector. And ١٠٪ is transported by waterways. However, there are increasing concerns about environmental protection and sustainable development in terms of diverse and scattered external effects of transportation systems, and they have constantly put pressure on the officials who develop transportation and logistics plans and policies to the extent that environmental and social considerations are included in the plans. Jame has been considered based on economic analysis.

Methodology

In order to predict the flow of cargo transport between suppliers and consumers and carry out planning at strategic levels, it seems necessary to use mathematical models to formulate the flow of interregional transport. The origin and destination tables show the total amount of goods transported from each origin to the destination. This type of data is used to evaluate the total cost, the amount of greenhouse gas production and the energy consumed. They can also be used to identify bottlenecks and deficiencies and determine the most effective transportation network. Since the use of the first methods (Harvard model) to study the interregional transport flow, the realists have presented several methods to improve the methods of studying the transport flow, including non-linear functions in transport costs, price functions, supply and demand, and multimodal transport networks with limited capacity. delay functions as well as other logistic factors that help to make the model real in the transportation system. In general, inter-regional models are divided into two categories: first: the spatial price balance model and second, the network balance model, which can be used to achieve the best distribution of transportation flow between origins and destinations to achieve the lowest cost.

Conclusion

The findings of this study show that the construction of rail lines from an economic point of view is a project that has the highest rate of capital return from the two perspectives of reducing $CO_۲$ emissions and reducing freight transportation costs. In addition, the implementation of such projects leads to important economic and environmental achievements, which, as a result, justifies investing in them, and is therefore very attractive for financial providers and investors, especially in the private sector. On the other hand, the findings of this study show that investing in The railway has a lower yield based on public sector investments, and therefore it is less attractive for them from a financial point of

view, which indicates the greater dependence of this sector on public revenues. However, in general, it is expected that an analysis taking into account all aspects of the loads waiting to be transported by these infrastructures will yield a higher return on investment. In addition, the inclusion of financial gains associated with other positive side effects such as the reduction of accidents and more traffic leads to better profit-cost indicators. Also, the construction of new railway lines can be an important factor in increasing the economic production in the region under its influence, and of course this profit is not included in the analysis of the present research. It is also expected that the future arrangement and establishment of the transportation network infrastructure based on the spatial distribution of agricultural products will affect the development of the country. have a positive effect in the future. Therefore, for future research, more studies regarding the integrated analysis of the effect of the built and planned railway and the changes in the spatial distribution of the artifacts and products of the country should be considered. In addition, internalization in the "cost-benefit" analysis for other achievements resulting from the construction of new rail lines, such as reducing accidents and traffic congestion, is also recommended.

Keywords

Rail transportation network; cost-benefit analysis, investment, $CO_۲$ emissions