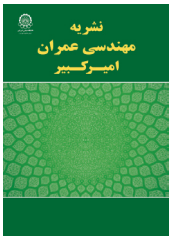
Archive of SID



نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۰، شماره۳، سال ۱۳۹۷، صفحات ۵۱۹ تا ۵۲۸
DOI: 10.22060/ceej.2017.11880.5092

تحلیل مزایای تغییر شیوه‌ی حمل کالا از جاده‌ای به ریلی از نگاه توسعه پایدار؛ مطالعه موردی ایران

امیر صمیمی*[۱]، احسان رحیمی[۱]، حمیدرضا امینی[۲]

[۱] دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
[۲] دانشکده مهندسی عمران و محیطزیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده: طی سال‌های اخیر حدود ۹۰٪ تناژ جابجایی کالا در ایران از طریق جاده انجام‌گرفته است، و شیوه‌ی حمل ریلی کم اقبال بوده است. شیوه‌ی حمل ریلی از جهت میزان مصرف سوخت، آلودگی هوا و همچنین امنیت در بروز سانحه نسبت به شیوه جاده دارای مزایای قابل توجهی است. در این پژوهش سه سیاست تشویقی یا منع‌کننده برای سال پایه ۱۳۹۰ باهدف ترغیب به سمت استفاده از شیوه ریلی براساس یک مدل لوجیت دوگانه موردبررسی قرار میگیرد. مدل اشاره شده دارای متغیرهای مهم شامل هزینه، مسافت و دسترسی به شبکه ریلی است. سیاست‌های مورد تحلیل براساس مدل ایجاد شده شامل: حذف یارانه گازوئیل، تخفیف در هزینه حمل ریلی و تکمیل خطوط ریلی در دست احداث می‌باشند. بر اساس تحلیل منابع کلان انرژی کشور میزان مصرف سوخت گازوئیل و تولید آلاینده‌های هوا به ازای هر تن کیلومتر در بخش جاده ۹/۵ برابر ریل است. از طرفی هزینه تلفات جاده‌ای با عامل ناوگان باری به ازای هر تن کیلومتر عملکرد بیش از۸۰ برابر بخش ریلی بوده است. با استفاده از یک مدل انتخاب وسیله بین شیوه حمل بار در جاده و ریل برای چهار گروه کالای قابل رقابت بین ریل و جاده شامل کالاهای معدنی، فلزات خام، کالاهای ساختمانی و مواد نفتی و ارزش‌گذاری سیاست‌ها از جهت هزینه، می‌توان گفت ارائه تخفیف بیشتر دارای تأثیر بالایی بر تغییر شیوه حمل بوده و پس‌ازآن حذف یارانه اثرگذار است. همچنین به ازای هر تن کیلومتر تغییر شیوه حمل از جاده به ریل، به‌طور متوسط منفعت خالصی در حدود ۳۳۰۰ ریال مورد انتظار است.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۲۳ مرداد ۱۳۹۵
بازنگری: ۱۷ بهمن ۱۳۹۵
پذیرش: ۱۸ اسفند ۱۳۹۵
ارائه آنلاین: ۲۱ فروردین ۱۳۹۶

کلمات کلیدی:
حمل‌ونقل کالا
مدل انتخاب وسیله
هزینه سوخت
آلودگی هوا
تلفات جاده‌ای

۱- مقدمه و تاریخچه مطالعات

نحوه‌ی حمل‌ونقل کالا تأثیر قابل‌توجهی در هزینه‌های لجستیکی بنگاه‌های اقتصادی و درنهایت قیمت نهایی یک کالا دارد. اثرات غیرمستقیم حمل‌ونقل بار نیز مشتمل بر کیفیت ترافیک در راه‌ها، مصرف انرژی، آلودگی هوا، و آلودگی صوتی است. یکی از مسائل تأثیرگذار در حمل‌ونقل کالا معطوف بر شیوه‌ی انتخاب وسیله حمل‌ونقل است. با در نظر داشتن تفاوت هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم شیوه‌های مختلف حمل، در این پژوهش با استفاده از یک مدل انتخاب نوع وسیله حمل کالا (بین دو شیوه جاده و ریل)، برخی سیاست‌های قیمت‌گذاری از منظر معیارهای توسعه پایدار مورد تحلیل قرار می‌گیرند. این معیارها شامل هزینه سوخت، آلودگی هوا، تلفات انسانی، و یارانه سوخت است.

از اولین مطالعات انجام‌شده جهت تحلیل انتخاب شیوه حمل بین جاده و ریل، به‌صورت مدل‌های با توابع چند هدفی و رویکرد تحقیق در عملیات بوده است. این مدل‌ها متغیرهایی چون هزینه، قابلیت اطمینان و سرعت را موردبررسی قراردادند [۱]. ویلسون[۱] و همکاران در سال۱۹۸۶ از اولین کسانی بودند که از مدل لوجیت برای مدل‌سازی و بررسی تأثیر پارامترهایی غیر هزینه‌ای بر انتخاب وسیله بار استفاده نمودند [۲]. پژوهش نوزلو[۲] و روسو[۳] در سال ۱۹۹۸ از دیگر مطالعات این دسته است که با مدل‌های لوجیت انجام‌گرفته است. آرونوتایانون[۴] و پولاک[۵] نیز نشان داده‌اند که متغیرهای هزینه، زمان تحویل محموله، کیفیت، و انعطاف‌پذیری خدمت به شکل معناداری در مدل‌های انتخاب وسیله حمل بار ظاهر می‌شوند. مطالعه آن‌ها شامل چهار نوع کالا است، ولی اطلاعات مهمی چون اندازه، ارزش محموله، و فاصله حمل در آن وجود ندارد [۳]. چندین مطالعه عنوان می‌کنند که زمان انتقال محموله و قابلیت اطمینان در انتخاب وسیله حمل بار، دارای اهمیت بالایی است [۴ و ۵]. همچنین تعدادی از مطالعات به بررسی ناهمگنی[۶] صنعت و کالا در مدل‌های انتخاب وسیله بار پرداخته‌اند. این مدل‌ها هنوز در مراحل اولیه هستند و معمولاً تعداد کالای کمی در آن‌ها موردبررسی قرارگرفته است [۶]. در سال ۲۰۱۰ صمیمی و همکاران [۷] مسئله انتخاب وسیله برای حمل بار در کشور آمریکا را بررسی و نشان داد که فاصله حمل، وزن، ارزش کالا، زمان و هزینه حمل، دارای اثر معناداری بر انتخاب وسیله

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: asamimi@sharif.edu

1 Wilson
2 Nozello
3 Rosso
4 Arunotayanun
5 Polak
6 Heterogeneity

www.SID.ir

Archive of SID

حمل بار هستند. آن‌ها همچنین رفتار انتخاب وسیله نقلیه را در سناریوهای مختلف با قیمت‌های مختلف سوخت بررسی کردند که نتایج، حاکی از حساسیت کم رفتار انتخاب وسیله بار نسبت به قیمت سوخت بوده است. همچنین امینی و همکاران [۸] در سال ۱۳۹۲ یک مدل انتخاب وسیله برای جابجایی کالا در کشور ایران را توسعه دادند. در این مطالعه ضرایب مدل انتخاب وسیله به تفکیک کالا برآورد گردید که شامل متغیرهای هزینه حمل، وزن، فاصله حمل، و دسترسی مبدأ و مقصد به شبکه ریلی بود. همچنین نشان داده شد که ارائه تخفیف بیشترین تأثیر را بر تغییر شیوه حمل می‌تواند در پی داشته باشد.

یکی از ابعاد جدیدی که در دهه اخیر بیشتر در مطالعات حمل‌ونقل موردتوجه قرارگرفته، تأثیر حمل‌ونقل بر محیط‌زیست است. در این راستا کاهش آلاینده‌های هوا ازجمله دی‌اکسید کربن، اولویت تعداد زیادی از دولت‌ها شده است. در مطالعه‌ای توسط مک‌کینون[1]، نشان داده شد حدود ۶٪ از تولید دی‌اکسید کربن در انگلستان، ناشی از حمل‌ونقل بار بوده است که حمل‌ونقل زمینی بیشترین سهم را در آن داشته است [۹]. در ایران نیز طی سال ۱۳۸۹، حمل‌ونقل بار در بخش جاده و ریل عامل ۹٪ از دی‌اکسید کربن تولیدشده در کشور بوده است [۱۰]. پنینگ[2] و همکاران در سال ۲۰۱۱ تغییر شیوه حمل از جاده به ریل را در تأمین کالای ۸ فروشگاه بزرگ خدماتی همچون ویتروس[3] و مارکز اسپنسر[4] موردبررسی قراردادند [۱۱]. آن‌ها تأثیر استفاده از ریل را از جهت کاهش آلودگی هوا، کیلومتر استفاده از جاده‌ها و همچنین تعداد مجروحین تحلیل نمودند [۱۱]. در خصوص برآورد هزینه‌ی اجتماعی آلودگی هوا می‌توان به پژوهش اِکرمن[5] و همکاران در سال ۲۰۱۰ اشاره نمود [۱۲]. همچنین راهنمای مدیریت و برآورد آلودگی هوا ناشی از حمل‌ونقل کالا در اتحادیه اروپا برای سال ۲۰۱۱ میزان تولید آلودگی هوا به ازای هر تن کیلومتر را در شیوه‌های مختلف حمل برآورد نموده و هزینه اجتماعی آن را نیز تخمین زده است [۱۳]. در خصوص تلفات انسانی برای کشور ایران پژوهشی توسط گروه سلامت جهانی در دانشگاه هاروارد[6] برای سال ۲۰۰۸ انجام‌گرفته که در آن به تحلیل تصادفات ایران پرداخته است [۱۴]. در پژوهشی دیگر نیز آئینی[7] و همکاران هزینه تلفات جانی در تصادفات جاده‌ای را ۳۹ میلیارد دلار معادل ۶/۴ درصد از تولید ناخالص ملی در سال ۲۰۱۳ برآورد کردند [۱۵].

۲- تعریف مسئله و اهداف تحقیق

مدل انتخاب وسیله می‌تواند ابزاری برای تحلیل سیاست‌های مؤثر در تغییر شیوه حمل بار باشد. شیوه‌های مختلف حمل از جهت میزان هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیمی که در پی‌دارند، متفاوت هستند. این هزینه‌ها ناشی از تفاوت در میزان مصرف سوخت، آلودگی هوا، هزینه‌های تخلیه و بارگیری، و هزینه‌های جانبی مانند تصادفات است. در ایران جابجایی بار در شبکه داخلی بیشتر بین دو شیوه ریل و جاده در رقابت هستند. طی سال ۱۳۸۹ طبق سالنامه‌های آماری سازمان راهداری و راه‌آهن، بخش ریلی حدود ۱۱٪ از عملکرد تن کیلومتر جابجایی بار کشور را به خود اختصاص داد [۱۶ و ۱۷]. با توجه به اینکه بیش از ۵۰٪ این مبادلات مربوط به دو کالای معدنی و نفتی بوده و در مجموع ۴۵٪ واگن‌ها خالی جابجا شده‌اند، پتانسیل بالقوه‌ای برای افزایش سهم ریلی در جابجایی کالا به نظر می‌رسد. از طرفی با توجه به آمار کلان انرژی کشور، مصرف سوخت و تولید آلودگی هوا در بخش ریلی به ازای هر تن کیلومتر نسبت به جاده تا ۹/۵ برابر کمتر است. با در نظر داشتن یارانه پرداختی ۱۱/۳ میلیارد دلاری برای گازوئیل در بخش کالا، تغییر شیوه حمل به سمت ریل می‌تواند سودهای بالایی را به دنبال داشته باشد [۱۰ و ۱۸]. همچنین طبق برآورد مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۹۰ هزینه اقتصادی و اجتماعی تصادفات رانندگی نزدیک به ۵۲۰ هزار میلیارد ریال معادل ۸٪ از تولید ناخالص ملی بوده است [۱۹]. با در نظر داشتن دسترسی به بانک اطلاعاتی مبادلات کالای ریلی و جاده‌ای برای سال ۱۳۹۰، در این پژوهش این سال به‌عنوان سال مطالعه در نظر گرفته‌شده است. این پژوهش به تحلیل تغییر شیوه حمل بار از جاده به ریل با ارزیابی چهار معیار کاهش مصرف سوخت، آلودگی هوا، تلفات انسانی و یارانه پرداختی اشاره می‌گردد. این تحلیل برمبنای یک مدل انتخاب برای جابجایی کالا در کشور ایران انجام‌گرفته است [۸]. در این مطالعه اشاره گردید که تنها ۸ گروه کالا در اطلاعات بارنامه‌ای وجود دارند که در آن‌ها هر دو شیوه حمل ریلی و جاده‌ای فعالیت داشته‌اند. بنابراین تنها به ازای همین کالاها مدل انتخاب پرداخت‌شده است. درنهایت، با توجه به سهم گروه کالاهای مختلف، برای ۴ گروه فلزات خام، معدنی، ساختمانی، و نفتی مدل انتخاب وسیله مطلوب به دست آمد.

۳- معرفی داده‌ها

در این مطالعه از اطلاعات بارنامه‌ای گردآوری شده توسط سازمان راه آهن جمهوری اسلامی و سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای ایران استفاده شده است. این اطلاعات مربوط به چهار ماه میانی فصول و برای سال ۱۳۹۰ می‌باشد که تعداد ۱۵۵ هزار رکورد ریلی و ۸/۷ میلیون رکورد جاده‌ای را شامل می‌شود [۲۰]. اطلاعات هر رکورد شامل مبدأ، مقصد، تاریخ، نوع کالا، نوع وسیله، وزن محموله و قیمت حمل می‌باشد. ناحیه بندی کشور براساس تقسیمات شهرستان‌های کشور طی سال ۱۳۸۸ به صورت ۳۷۸ ناحیه انتخاب گردید. پس از آن برای هر رکورد براساس مبدأ و مقصد اطلاعات فواصل حمل به هر رکورد تخصیص داده می‌گردد. این اطلاعات شامل فواصل کیلومتری و زمانی جاده و همچنین فواصل جاده و ریل در شیوه ترکیبی می‌باشد. شیوه ترکیبی شامل یک بخش جاده‌ای برای

1 McKinnon
2 Penning
3 Vitrous
4 Marks & Spencer
5 Acherman
6 Harvard University
7 Ainy

www.SID.ir

Archive of SID

رسیدن به نزدیک‌ترین ناحیه دارای ایستگاه راه آهن و یک بخش ریلی است که توسط یک برنامه نویسی جداگانه به روش کوتاه‌ترین مسیر محاسبات آن انجام گرفته است. از دیگر متغیرهای استفاده شده، فاصله هندسی کروی بین مبدأ و مقصد بوده که براساس مشخصات طول و عرض جغرافیایی آن‌ها محاسبه می‌گردد. به عنوان شاخص توسعه‌یافتگی صنعتی مبدأ و مقصد متغیر دیگر، تعداد شاغلین بخش صنعت در یک ناحیه است. برای این منظور از اطلاعات پایگاه وزارت صنعت، معدن و تجارت برای سال ۱۳۹۰ استفاده شده است [۸].

برمبنای شاخص‌های کلان آماری کشور که در بخش قبل به آن اشاره شد، به ازای تغییر شیوه حمل کالا از ناوگان جاده‌ای به ریلی، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در مصرف سوخت، انتشار آلاینده‌های هوا و تلفات انسانی قابل‌انتظار است. بنابراین، اتخاذ سیاست‌هایی در راستای تغییر شیوه حمل از جاده به ریل، منفعت سیستم را ارتقا می‌دهد. به‌منظور ارزش‌گذاری سناریوها فرضیاتی در سه حوزه مصرف سوخت، انتشار آلاینده‌ها و تلفات انسانی طبق منابع آماری کلان کشور در حوزه انرژی در سال ۱۳۸۹ مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ادامه ارائه شده است. محاسبات با توجه به نوسانات قیمت دلار در ایران طی این سال، بر اساس قیمت سوخت در فوب خلیج‌فارس و قیمت بدون یارانه سوخت در ترازنامه انرژی، هر دلار آمریکا برابر ۱۶ هزار ریال در نظر گرفته‌شده است.

۳- ۱- ارزش‌گذاری آلودگی هوا

بر اساس اطلاعات موجود در ترازنامه انرژی برای آلودگی هوا، می‌توان آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، منواکسید کربن، دی‌اکسید کربن، متان و ذرات معلق را در نظر گرفت [۱۰]. سوخت غالب مصرفی وسایل نقلیه باری با توجه به نوع آن در اطلاعات بارنامه‌ای نفت گاز است. در این پژوهش، آلاینده دی‌اکسید کربن به‌عنوان معیار در نظر گرفته‌شده و سایر آلاینده‌ها با توجه به نسبت هزینه اجتماعی‌شان به دی‌اکسید کربن معادل‌سازی شده‌اند. میزان تولید هر یک از آلاینده‌ها به تفکیک ناوگان باری ریلی و جاده‌ای محاسبه‌شده و هزینه اجتماعی ناشی از آلاینده‌ها محاسبه می‌شود [۱۰ و ۱۸]. میزان آلاینده‌های منتشرشده حاصل از مصرف نفت گاز در ترازنامه انرژی در بخش ریلی و جاده‌ای مربوط به کل مصرف بار و مسافر است؛ این در حالی است که سهم مصرف نفت گاز در بخش جاده‌ای باری ۸۹/۸٪ و سهم آن در بخش باری ریلی ۶۵/۶٪ است [۱۰و ۱۸-۱۶]. درنهایت، با لحاظ نمودن عملکرد تن کیلومتر ناوگان باری جاده‌ای به میزان ۱۸۵۲۳۹ میلیون تن کیلومتر و ریل به میزان ۲۳۶۹۲ میلیون تن کیلومتر [۱۶ و ۱۷]، نرخ تولید آلودگی هوا ناشی از مصرف گازوئیل در جابجایی کالا، در بخش جاده‌ای ۱۲۰۶ گرم و در بخش ریلی ۱۲۷ گرم بر تن کیلومتر تخمین زده می‌شود. برمبنای ترازنامه انرژی، هزینه اجتماعی هر تن دی‌اکسید کربن برابر ۸۰ هزار ریال در سال ۱۳۸۱بوده است [۱۰]. این مقدار با در نظر گرفتن میانگین نرخ تورم ۱۵/۵ درصدی کشور طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰، معادل ۲۹۰ هزار ریال برای سال ۱۳۹۰ برآورد می‌شود [۲۱]. همچنین در تحقیق دیگری توسط اِکرمن و استنتون در کشور آمریکا برای سال ۲۰۱۰ هزینه ۲۱ دلاری برای هر تن دی‌اکسید کربن برآورد شده است [۱۲] که با مقدار برآورد شده برابری می‌کند.

۳- ۲- ارزش‌گذاری سوخت

بر اساس تحلیل آمارهای مصرف سوخت در ناوگان باری برای بخش ریل و جاده و میزان عملکرد آن‌ها مصرف گازوئیل با در نظر گرفتن مصرف خودروهای خالی، در بخش جاده‌ای ۰/۰۸۹۲ و در بخش ریلی ۰/۰۰۹۵ لیتر به ازای هر تن کیلومتر است. همچنین درصد خودروهای خالی در بخش جاده‌ای ۷۰٪ و در بخش ریلی ۴۵٪ بوده است [۱۰ و ۱۵ و ۱۶]. بدین ترتیب با برآورد مصرف سوخت خالص به ازای هر تن کیلومتر و با استفاده از رکوردهای بارنامه‌ای، در بخش جاده‌ای ۱۴٪ و در بخش ریلی ۴٪ هزینه حمل مربوط به هزینه سوخت مصرفی به دست می‌آید. قیمت سوخت گازوئیل برای سال ۱۳۹۰، به‌صورت متوسط مقدار قیمت سهمیه‌ای و آزاد در ایران ۲۵۶۰ ریال، و در فوب خلیج‌فارس ۱۲۹۶ ریال در هر لیتر است.

۳- ۳- ارزش‌گذاری تلفات انسانی

برمبنای پژوهش انجام‌شده در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی هزینه تصادفات در بخش جاده معادل ۵۱۹ هزار میلیارد ریال بوده است [۱۹]. از طرفی سهم تأثیر ناوگان باری جاده‌ای حدود ۱۵٪ فرض شده است. بنابراین، با توجه به عملکرد این ناوگان می‌توان گفت به ازای هر تن کیلومتر جابجایی کالا هزینه تلفات انسانی در جاده‌ها معادل۴۲۱ ریال است. در بخش ریلی نیز ۳۵۰ سانحه در سال طرح رخ داده که طی آن ۵۰ نفر کشته و ۲۰ نفر مصدوم شده‌اند [۲۲]. برمبنای گزارش سیمای ایمنی راه‌ها، هزینه عمومی هر نفر کشته ۵/۳ میلیارد ریال و یک مجروح حدود ۱۴۰ میلیون ریال در سال ۱۳۸۶ برآورد شده است [۲۳]. با فرضی محافظه‌کارانه به میزان ۲۰ درصد از هزینه‌های جانبی سوانح ریلی، برای هر سانحه خسارتی، هزینه ۱ میلیارد ریال منظور می‌شود. با توجه به اینکه تاکنون در منبعی هزینه خسارتی تصادفات ریلی محاسبه نشده است، با فرض خسارت جانبی هر سانحه معادل با ۲۰٪ هزینه جانبی فوت، خسارت هر سانحه حدود یک میلیارد ریال برآورد می‌گردد که محافظه‌کارانه است. با توجه به اینکه هزینه‌های اشاره‌شده مربوط به سال ۱۳۸۶ است، با لحاظ نمودن نرخ تورم سه‌ساله (متوسط سالانه ۱۷/۵-) هزینه‌های اشاره‌شده به سال ۱۳۹۰ تبدیل می‌شوند [۲۱]. درنهایت، میزان کل هزینه تلفات ریلی مقدار ۹۷۲ میلیارد ریال به دست می‌آید. بر اساس عملکرد تن کیلومتر ناوگان باری ریلی معادل ۲۳۶۹۲ میلیون تن کیلومتر [۱۷]، مقدار خسارت تلفات در بخش حمل‌ونقل باری ناوگان ریلی به ازای هر تن کیلومتر معادل ۴۱ ریال برآورد می‌شود (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: میزان تولید آلاینده‌ها و آلاینده معادل CO_2 به تفکیک ناوگان باری ریلی و جاده‌ای

Table 1. Estimating air pollution emissions and CO_2-equivalent emission from freight transport. truck and rail sectors

مورد	NO_x	SO_2	SO_3	CO	SPM	CO_2	CH_4	N_2O
انتشار آلاینده بخش حمل‌ونقل باری جاده‌ای حاصل از مصرف نفت گاز (تن)	۴۵۳/۹۸۱	۲۸۱/۸۴۴	۳/۳۵۶	۱۲۰/۷۱۴	۲۲۱/۴۵۸	۴۶/۸۵۱/۳۲۳	۲/۴۸۸	۲/۴۸۸
انتشار آلاینده بخش حمل‌ونقل باری ریلی حاصل از مصرف نفت گاز (تن)	۶/۰۶۶	۳/۷۷۵	۴۵	۱/۶۱۸	۲/۹۶۶	۶۳۳/۰۵۰	۳۵	۲۴۴
هزینه آلاینده‌ها بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۱ (هزار ریال بر تن)	۴/۸۰۰	۱۴/۶۰۰	–	۱/۵۰۰	۳۴/۴۰۰	۸۰	۱/۶۸۰	–
ضریب تبدیل آلاینده‌ها به CO_2 معادل	۶۰	۱۸۲/۵	–	۱۸/۷۵	۴۳۰	۱	۲۱	–
مجموع آلاینده‌های انتشاریافته معادل با CO_2 برای بخش جاده‌ای (میلیون تن)	۲۲۳/۴							
مجموع آلاینده‌های انتشاریافته معادل با CO_2 برای بخش ریلی (میلیون تن)	۳/۰							

جدول ۲: برآورد هزینه تصادفات در ناوگان باری جاده‌ای و ریلی در سال ۱۳۹۰

Table 2. Estimating the cost of accidents caused by freight transport including truck and rail in 2011

مورد	جاده‌ای	ریلی
هزینه جانبی تصادفات در سال ۹۰ (میلیارد ریال)	۵۱۹/۰۰۰	۶۱۰
سهم حمل‌ونقل بار از تصادفات (درصد)	۱۵	۱۰۰
عملکرد ناوگان در سال ۹۰ (میلیون تن کیلومتر)	۱۸۵/۲۳۹	۲۳/۶۲
هزینه تصادفات ناوگان باری در سال ۹۰ (ریال بر تن کیلومتر)	۴۲۱	۴۱

در بیشتر موارد، در صورت تغییر شیوه‌ی حمل از جاده به ریل هزینه‌ای بایستی برای تخلیه و بارگیری انجام‌گرفته در ایستگاه راه‌آهن نیز پرداخت شود. طبق نظر خبرگان، ۲۰٪ هزینه حمل برای این منظور لحاظ می‌گردد که در تحلیل سناریوها توسط گردانندگان سیستم تأمین می‌شود. درنهایت با توجه به در اختیار بودن بارنامه‌های چهار ماه میانی فصول، با استفاده از عملکرد تن کیلومتر هر ماه از سال ۱۳۹۰، ضرایب تبدیل ماه به فصل به تفکیک بخش ریلی و جاده‌ای محاسبه می‌شود. این ضرایب در جدول ۳ ارائه‌شده است.

جدول ۳: ضرایب تبدیل ماه به فصل برای عملکرد سال ۱۳۹۰ ناوگان حمل بار

Table 3. The weighting factors to transfer the summation of monthly commodity movements to seasonal ones

ضرایب تبدیل / ماه	اردیبهشت	مرداد	آذر	بهمن
سهم ماه از فصل برای ناوگان جاده‌ای	۰/۳۷۱	۰/۳۲۸	۰/۳۲۲	۰/۳۲۵
سهم ماه از فصل برای ناوگان ریلی	۰/۳۵۷	۰/۳۳۹	۰/۳۲۴	۰/۳۲۹

۴- نتایج مدل‌سازی

پس از آماده سازی داده‌ها، مدل انتخاب وسیله بین دو شیوه حمل جاده‌ای و شیوه ترکیبی ساخته می‌شود. شیوه ترکیبی شامل یک بخش جاده‌ای برای رسیدن به نزدیک‌ترین ایستگاه راه آهن و یک بخش ریلی است. این مدل به صورت لوجیت دوگانه بوده که بخش خطا در تابع مطلوبیت را با توزیع یکسان گامبل و مستقل از یکدیگر در نظر می‌گیرد. مطابق بخش‌های پیشین تنها ۸ گروه کالا در اطلاعات بارنامه‌ای وجود داشت که در آن‌ها هر دو شیوه حمل ریلی و جاده‌ای فعالیت داشتند. بنابراین تنها به ازای همین کالاها مدل انتخاب توسعه داده شد. بدین ترتیب تنها برای ۴ گروه کالا مدل انتخاب وسیله مطلوب بدست آمد که البته در برخی از کالاها اگرچه توصیف مدل نسبتاً مناسب بود اما به دلیل نداشتن سهم قابل توجه از

www.SID.ir

Archive of SID

مبادلات کالایی کشور، حذف شدند. بر این اساس چهار گروه کالای فلزات خام، معدنی، ساختمانی و نفتی که ۵۶ ٪ تن کیلومتر مبادلات جاده و ریل را شامل می‌شوند مورد تحلیل قرار گرفتند. متغیرهای گوناگونی برای ساخت مدل انتخاب وسیله مورد امتحان قرار گرفت که در جدول ۴ به همراه مقدار میانگین و انحراف معیار نمایش داده می‌شوند. این جدول به تفکیک گروه کالاهای دارای مدل انتخاب مطلوب ارائه شده است.

به‌منظور تحلیل هر سناریو، لازم است مدل انتخاب وسیله بین شیوه حمل ریلی و جاده‌ای ایجاد شود [۸]. مدل انتخاب وسیله بین دو شیوه حمل جاده و ریل بوده و به ازای چهار گروه کالا ایجادشده است. علت ایجاد مدل برای چهار گروه کالا به فعالیت قابل‌رقابت بین شبکه ریلی و جاده‌ای در این چهار گروه بازمی‌گردد. نتایج مدل انتخاب برای چهار گروه کالا در جدول ۴ ارائه‌شده است. پس از آماده سازی داده‌ها، مدل انتخاب وسیله بین دو شیوه حمل جاده‌ای و ریلی ساخته می‌شود [۸]. این مدل به صورت لوجیت دوگانه بوده که بخش خطا در تابع مطلوبیت را با توزیع یکسان گامبل و مستقل از یکدیگر در نظر می‌گیرد. مطابق بخش‌های پیشین تنها ۸ گروه کالا در اطلاعات بارنامه‌ای وجود داشت که در آن‌ها هر دو شیوه حمل ریلی و جاده‌ای فعالیت داشتند. بنابراین تنها به ازای همین کالاها مدل انتخاب توسعه داده شد. بدین ترتیب تنها برای ۴ گروه کالا مدل انتخاب وسیله مطلوب بدست آمد که البته در برخی از کالاها اگرچه توصیف مدل نسبتاً مناسب بود اما به دلیل نداشتن سهم قابل توجه از مبادلات کالایی کشور، حذف شدند. بر این اساس چهار گروه کالای فلزات خام، معدنی، ساختمانی و نفتی که ۵۶٪ تن کیلومتر مبادلات جاده و ریل را شامل می‌شوند مورد تحلیل قرار گرفتند. در طی فرایند ساخت مدل، ترکیبات مختلفی از متغیرهای توصیفی مطابق جدول ۴ برای افزایش برازش مورد آزمایش قرار گرفته شد. در نهایت متغیرهای هزینه حمل، متغیر حاصل ضرب وزن محموله در فاصله زمانی، دسترسی مبدأ و مقصد به شبکه ریلی توانستند به صورت معناداری بیان کننده نحوه رفتار فرستندگان کالا در انتخاب وسیله برای حمل باشند. در ادامه متغیرهای معنادار مدل انتخاب وسیله به همراه توضیحات و بررسی اهمیت آن‌ها در جدول ۵ به تفکیک چهار گروه کالا نمایش داده شده‌اند. علامت ضرایب همگی دارای منطق درستی بوده و از آماره t با سطح اطمینان ۹۹ ٪ برخوردار هستند. میزان توصیف مدل مربوط به کالای ساختمانی در بخش ریلی مقدار کمی داشته اما با توجه به حجم بالای مبادلات این کالا، حذف نشده است. مابقی کالاها نیز در حد مطالعات اولیه دارای توصیف مناسبی می‌باشند. با توجه به تفاوت ضرایب بدست آمده مشخص می‌شود که تفکیک کالا مناسب بوده و توانسته تفاوت‌های نحوه انتخاب در کالاهای مختلف را مشاهده نماید. دو متغیر اصلی مدل، هزینه حمل و مقدار تن کیلومتر بار بوده که الاستیسیته بالای آن‌ها نیز این موضوع را تأیید می‌کند. متغیر هزینه در مدل کالای معدنی دارای الاستیسیته بالایی است و نحوه انتخاب را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. علت این امر به ماهیت کالای معدنی بر می‌گردد که عمدتاً در وزن‌های بالا حمل شده و برای آن شبکه ریلی نسبت به شبکه جاده‌ای بسیار مقرون به صرفه‌تر است. با توجه به علامت آن، اگر هزینه حمل ریلی کاهش یابد و یا هزینه حمل جاده‌ای افزایش داشته باشد، احتمال انتخاب شیوه حمل جاده‌ای کاهش می‌یابد. استفاده از متغیر حاصل ضرب وزن محموله در فاصله زمانی مبدأ تا مقصد به دلیل تأثیر همزمان وزن و فاصله در نحوه انتخاب شیوه حمل می‌باشد. به عنوان نمونه ممکن است فرستنده‌ای برای ارسال یک محموله با وزن بالا برای فواصل کوتاه به جای انتخاب شیوه ریلی از شیوه جاده‌ای تحت محموله‌های کوچک تر استفاده نماید. دلیل این موضوع هزینه پایه بیشتر در بخش ریلی نسبت به جاده‌ای و همچنین زمان بر بودن آن است [۸]. علامت این متغیر نشان می‌دهد که به ازای افزایش تن کیلومتر بار احتمال انتخاب شیوه حمل توسط جاده کاهش می‌یابد و ممکن است در حالت تنها افزایش وزن یا تنها افزایش فاصله احتمال فوق کاهش پیدا نکند. با توجه به الاستیسیته این متغیر در کالاهای مختلف، تأثیر آن برای کالای معدنی و پس از آن برای کالای نفتی بالا بوده و نقش تعیین کننده در انتخاب شیوه حمل دارد. برای مشاهده تأثیر دسترسی به شبکه ریلی بر نحوه انتخاب شیوه حمل، از دو متغیر مربوط به فاصله زمانی مبدأ و مقصد تا نزدیک‌ترین ناحیه دارای ایستگاه راه آهن استفاده شد. افزایش دسترسی مفهوم کاهش این متغیر را به دنبال دارد و در نتیجه با توجه به علامت آن افزایش دسترسی به شبکه ریلی در مبدأ و مقصد توانسته احتمال شیوه حمل جاده‌ای را کاهش دهد. با توجه به الاستیسیته آن، تأثیر افزایش دسترسی نسبت به دیگر متغیرها در مجموع کمتر بوده و همچنین تأثیر افزایش آن در مبدأ برای کالای معدنی و نفتی بسیار بیشتر از تأثیر آن در مقصد می‌باشد. متغیر شاغلین بخش صنعت در مبدأ یا مقصد برای مشاهده تأثیر توسعه‌یافتگی صنعتی در انتخاب شیوه حمل به ازای کالاهای مختلف علامت معناداری نداشت و از مدل حذف شد. فاصله هندسی کروی نیز نسبت به فاصله زمانی مناسب تر نشد و به دلیل عدم در نظر گرفتن سختی مسیر از مدل حذف گردید.

متغیرهای هزینه حمل و وضعیت دسترسی با علامت منفی در مدل ظاهر شده‌اند؛ در حقیقت، با افزایش هزینه حمل و افزایش زمان دسترسی به شبکه زیلی، تمایل استفاده‌کنندگان از شبکه ریلی جهت حمل بار کاهش می‌یابد. این در حالی است که افزایش وزن محموله یا افزایش فاصله، تمایل به استفاده از ناوگان ریلی را افزایش می‌دهد.

سناریوها بر مبنای دو عامل میزان درصد حذف یارانه سوخت گازوئیل تا سقف ۶۰ ٪ و میزان درصد ارائه تخفیف در هزینه حمل ریلی تا سقف ۶۰ ٪ به‌صورت گسسته و در بازه‌ای ۱۵ درصدی تعریف می‌شود. بدین ترتیب، تأثیر حالات ترکیبی فوق بر تغییر شیوه حمل و رقابت بین ریل و جاده برای تمامی بانک اطلاعات توسط مدل انتخاب ارائه‌شده در جدول ۵ برای ایران در سال ۱۳۹۰ محاسبه می‌گردد. بر این اساس، می‌توان منفعت و هزینه متناظر با هر سناریو را محاسبه نمود. منفعت ناخالص سیستم شامل چهار بخش ۱) منفعت حاصل از کاهش مصرف سوخت، ۲) منفعت حاصل از کاهش آلودگی هوا ۳) منفعت حاصل از کاهش احتمالی تلفات جاده‌ای و ۴) منفعت حاصل

www.SID.ir

Archive of SID

از عدم پرداخت یارانه سوخت است. هزینه‌ها نیز دو بخش بوده که شامل ۱) هزینه تخفیف حمل در بخش ریلی و ۲) هزینه ناشی از تخلیه و بارگیری تحمیل‌شده طی تغییر شیوه حمل از جاده به ریل است. تحلیل سناریوها به ازای هر کالا جداگانه در جدول ۶ ارائه شده است. درنهایت، مجموع هزینه‌ها در بخش نتایج آمده است. به‌منظور سنجش منافع و هزینه‌ها، بر اساس سالنامه‌های آماری سال ۱۳۹۰، منفعت ناخالص حاصل از جابجایی کالا در بخش جاده‌ای ۳۲۵۰ میلیارد ریال و در بخش ریلی ۵۸۰۸ میلیارد ریال بوده است [۲۴ و ۲۵].

نتایج ارائه شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که همراه شدن دو سناریوی حذف یارانه و ارائه تخفیف در هزینه حمل ریلی که یک سناریوی منطقی به نظر می‌رسد، می‌تواند منفعت سیستم را به‌صورت غیرخطی افزایش دهد. بدین ترتیب در این قسمت تأثیر حالات ترکیبی مختلف بر تغییر شیوه حمل از جنبه معیارهای زیست‌محیطی بررسی می‌شود. ارائه تخفیف بیشتر در هزینه حمل ریلی نسبت به حذف بیشتر یارانه سوخت، منافع به‌دست‌آمده را به‌مراتب افزایش می‌دهد به‌گونه‌ای که این سیاست توانسته نسبت به حذف یارانه، تحت سناریوهای با بازه تغییرات ۴۰ ٪ به‌طور متوسط تا ۴ برابر در کاهش آلودگی هوا مؤثرتر باشد. همچنین منفعت حاصل از عدم پرداخت یارانه در سناریوها قابل‌ملاحظه بوده که در سناریوهای دارای تخفیف بیشتر، سهم کمتری از منفعت خالص را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین با توجه به آنچه عنوان شد ارائه تخفیف ریلی تأثیر بسیار بهتری در تغییر شیوه حمل ایجاد می‌کند.

جدول ۴: مشخصات عمومی متغیرهای استفاده شده

Table 4. Explanatory variables in the models

نام متغیر	توضیحات	فلزات خام میانگین (انحراف معیار)	معدنی میانگین (انحراف معیار)	ساختمانی میانگین (انحراف معیار)	نفتی میانگین (انحراف معیار)
D_Rail	یک اگر شیوه حمل مشاهده شده ریل باشد، صفر در غیر این صورت	۰/۰۱۴۱۸ (۰/۱۱۸۲۱)	۰/۱۴۶۲۷ (۰/۳۵۳۳۷)	۰/۰۰۵۴۷ (۰/۰۷۳۷۷)	۰/۰۳۴۷۹ (۰/۱۸۳۲۴)
Weight	وزن محموله (تن)	۲۰/۲ (۶/۵)	۲۸/۳ (۲۱/۲)	۱۶/۷ (۷/۱)	۲۰/۸ (۷/۹)
Cost_Truck	هزینه حمل کامیون (تومان)	۴۳۳۶۶۵ (۲۴۶۵۹۹)	۴۹۶۸۱۵ (۴۷۱۰۴۵)	۲۱۲۰۴۹ (۱۷۴۸۳۷)	۲۲۱۹۱۵ (۲۲۱۲۷۰)
Cost_Rail	هزینه حمل ریل (تومان)	۸۷۳۸۶۶ (۳۰۵۷۵۹)	۱۰۸۳۳۳۸ (۴۵۰۳۵۰)	۷۵۳۱۹۸ (۱۶۱۳۵۷)	۶۲۷۶۵۵ (۳۸۵۲۰۸)
Net_Time_Truck	فاصله جاده‌ای مبدأ تا مقصد (دقیقه)	۳۹۲/۹ (۲۷۳/۴)	۴۴۲/۲ (۳۲۳/۰)	۲۳۱/۵ (۲۲۹/۲)	۲۴۴/۷ (۲۴۲/۶)
O_ACC_Time	فاصله مبدأ تا نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی (دقیقه)	۳۳/۶ (۵۷/۸)	۲۳/۶ (۴۰/۳)	۵۰/۶ (۶۴/۶)	۴۵/۶ (۸۴/۱)
D_ACC_Time	فاصله مقصد تا نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی (دقیقه)	۳۳/۷ (۶۶/۷)	۱۷/۶ (۴۲/۷)	۷۰/۰ (۹۰/۹)	۸۱/۰ (۱۰۰/۱)
GCD	فاصله هندسی کروی مبدأ تا مقصد (کیلومتر)	۳۹۱/۱ (۲۷۸/۹)	۴۱۰/۵ (۲۹۴/۴)	۲۲۸/۱ (۲۳۷/۴)	۲۴۳/۱ (۲۴۹/۹)
Emp_Industry_O	شاغلین بخش صنعت در مبدأ	۴۹۵۵۲ (۷۹۵۴۸)	۱۰۴۵۹ (۲۴۸۷۰)	۲۴۱۶۴ (۴۸۸۰۱)	۴۴۰۲۴ (۶۵۱۶۹)
Observation	تعداد رکوردها به ازای گروه کالا	۶۷۶۹۴۸	۶۶۲۵۱۱	۲۲۷۲۷۹۷	۵۷۷۴۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵: مشخصات مدل انتخاب وسیله با شیوه پایه جاده‌ای

Table 5. Binary mode choice model results (based on truck mode)

نام متغیر	توضیحات	فلزات خام ضریب (آماره t) (الاستیسیته)	معدنی ضریب (آماره t) (الاستیسیته)	ساختمانی ضریب (آماره t) (الاستیسیته)	نفتی ضریب (آماره t) (الاستیسیته)
Constant	ثابت مدل	-۱/۹۲۱۷ (-۶۰/۵)	-۱/۴۳۲۲ (-۱۱۱/۶)	-۱/۳۶۹۸ (-۳۹/۵)	-۳/۰۸۳۷ (-۱۰۸/۵)
Cost_Rail_Diff_Truck	تفاضل هزینه حمل ریلی نسبت به جاده‌ای (تومان×$۱۰^{-۶}$)	-۹/۲۱۳ (-۱۲۵/۵) (۰/۰۲۰۸)	-۲/۹۷۱ (-۱۶۰/۶) (۰/۱۷۷۹)	-۶/۸۲۵ (-۱۰۷/۴) (۰/۰۰۷۵)	-۲/۹۷۷ (-۵۹/۵) (۰/۰۶۴۸)
Weight_Distance	ضرب وزن محموله (تن) در فاصله زمانی بین مبدأ و مقصد (دقیقه×$۱۰^{-۴}$)	۱/۳۰۸ (۹۲/۲) (-۰/۰۲۹۷)	۱/۲۰۸ (۲۸۹/۰) (-۰/۴۸۴۵)	۰/۲۲۳ (۱۲/۹) (-۰/۰۰۱۳)	۲/۸۳۳ (۱۵۱/۶) (-۰/۲۲۸۲)
O_ACC_Time	فاصله مبدأ تا نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی (دقیقه×$۱۰^{-۲}$)	-۱/۸۱۱ (-۲۷/۲) (۰/۰۰۱۹)	-۷/۱۶۳ (-۷۶/۲) (۰/۰۵۱۱)	-۲/۲۳۷ (-۳۹/۲) (۰/۰۰۱۲)	-۳۷/۷۵ (-۵۲/۷) (۰/۰۳۵۲)
D_ACC_Time	فاصله مقصد تا نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی (دقیقه × $۱۰^{-۲}$)	-۳/۲۱۶ (-۲۸/۷) (۰/۰۰۲۲)	-۰/۷۸۸۵ (-۳۴/۳) (۰/۰۰۸۶)	-۲/۲۹۳ (-۴۸/۱) (۰/۰۰۱۱)	-۳/۶۶۹ (-۳۳/۱) (۰/۰۰۵۶)
Pseudo R-Squares		۰/۴۲۹	۰/۴۸۹	۰/۳۰۶	۰/۶۸۷
درصد درست پیش‌بینی در ریل و جاده(٪)		۹۸/۹	۹۲/۱	۹۹/۵	۹۷/۶
درصد درست پیش‌بینی در ریل(٪)		۳۱/۷	۵۰/۶	۸/۰	۵۱/۱

نسبت میانگین مقادیر منفعت خالص و ناخالص به میانگین تن کیلومتر تغییر شیوه حمل از جاده به ریل در جدول ۶ منفعت خالص ۳/۳۶۰ ریالی و منعت ناخالص ۳/۶۸۰ ریالی به ازای هر تن کیلومتر همراه با انحراف معیار ۳۰ ٪ را برای سیاست‌های تغییر شیوه حمل نسشان می‌دهد. این در حالی است که منفعت ناخالص باری کشور (برای جاده ۳/۲۵۰ و برای ریل ۵/۸۰۸ میلیارد ریال) بر اساس عملکرد ناوگان باری در سال ۱۳۹۰ (برای جاده ۱۹۱۷۸۱ و برای ریل ۲۲۳۷۸ میلیون تن کیلومتر) به ازای هر تن کیلومتر معادل ۴۳/۲ ریال بوده است [۲۴ و ۲۵]. مقایسه این مقدار با مقادیر منفعت خالص و ناخالص تغییر شیوه حمل از جاده به ریل نشان‌گر سود بالای بالقوه سیاست‌های تغییر شیوه حمل از جاده به ریل است. همچنین، به‌طور متوسط حدود ۱۴٪ از منفعت ناخالص مربوط به هزینه‌های پرداختی ناشی از ارائه تخفیف ریلی و تخلیه و بارگیری است که در این پژوهش فرض شده توسط سیستم پرداخت می‌گردد.

با توجه به شکل ۱، چهار بخش تشکیل‌دهنده منفعت ناخالص سیستم در سناریوهای حذف یارانه سوخت، مورد مقایسه قرارگرفته‌اند. همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده‌شده است، عدم پرداخت یارانه سوخت وزن قابل‌توجهی دارد که به‌طور متوسط ۵۰٪ منفعت ناخالص را شامل می‌شود. در سه بخش دیگر نیز می‌توان گفت به ترتیب کاهش مصرف گازوئیل، حداکثر کاهش احتمالی تلفات انسانی و کاهش تولید آلودگی هوا به‌طور متوسط ۳۰٪، ۱۱٪ و ۹٪ منفعت ناخالص را تشکیل می‌دهند. در ادامه تحت سناریوهای ترکیبی میزان کاهش مصرف سوخت موردبررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به شکل ۲، به ازای ارائه ۳۰ ٪ تخفیف هزینه جابه‌جایی با ناوگان ریلی به همراه حذف ۳۰ ٪ از یارانه گازوئیل، می‌توان کل مصرف گازوئیل در بخش ریلی و جاده‌ای را به میزان ۶/۱ ٪ کاهش داد. این مقدار معادل ۱۰۲۰ میلیون لیتر بوده که نزدیک به ۴/۵ برابر کل مصرف بخش باری راه‌آهن در سال مطالعه است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶: نتایج سودها و هزینه‌ها در سناریوهای ترکیبی حذف یارانه و ارائه تخفیف

Table 6. Cost-benefit analysis of hybrid scenarios for rail discount and subsidy removal

ردیف	مشخصات سناریو		منفعت ناخالص (میلیارد ریال)				هزینه (میلیارد ریال)		نتایج نهایی سناریو		
شماره سناریو	حذف یارانه (٪)	تخفیف ریلی (٪)	کاهش مصرف گازوئیل	کاهش آلودگی هوا	حداکثر کاهش تلفات	عدم پرداخت یارانه	ارائه تخفیف ریلی	تخلیه و بارگیری ریلی	تن کیلومتر تغییر شیوه حمل (میلیون)	تغییر شیوه حمل به مد پاک (درصد)	منفعت خالص (میلیارد ریال)
۱	۱۵	۱۵	۵۸۳۲	۱۷۶۵	۲۱۴۸	۱۲۱۷۱	۸۵۳	۴۰۲	۶۱۳۲	۹/۳	۲۰۶۵۹
۲	۱۵	۳۰	۱۱۶۹۶	۳۵۳۹	۴۳۱۰	۱۲۱۷۱	۲۰۷۲	۸۲۹	۱۲۳۵۸	۲۱/۲	۲۸۸۱۵
۳	۱۵	۴۵	۱۸۲۴۳	۵۵۲۰	۶۷۲۴	۱۲۱۷۱	۳۴۱۶	۱۳۱۸	۱۹۱۲۵	۳۵/۹	۳۷۹۲۴
۴	۳۰	۱۵	۶۷۸۴	۲۰۵۳	۲۴۹۹	۲۴۳۴۶	۹۳۴	۵۱۳	۷۱۳۲	۱۱/۰	۳۴۲۳۵
۵	۳۰	۳۰	۱۳۲۱۴	۳۹۹۸	۴۸۶۹	۲۴۳۴۶	۲۳۱۴	۱۰۲۵	۱۳۸۹۱	۲۴/۷	۴۳۰۸۸
۶	۳۰	۴۵	۱۹۶۰۰	۵۹۳۱	۷۲۲۴	۲۴۳۴۶	۳۷۰۴	۱۵۳۱	۲۰۵۲۴	۳۹/۱	۵۱۸۶۵
۷	۴۵	۱۵	۸۰۸۰	۲۴۴۵	۲۹۷۷	۳۶۵۲۲	۱۰۴۵	۶۶۰	۸۵۶۴	۱۳/۵	۴۸۳۱۹
۸	۴۵	۳۰	۱۵۰۳۵	۴۵۴۹	۵۵۴۱	۳۶۵۲۲	۲۶۱۰	۱۲۶۴	۱۵۸۲۷	۲۸/۸	۵۷۷۷۳
۹	۴۵	۴۵	۲۱۳۱۳	۶۴۵۰	۷۸۵۷	۳۶۵۲۲	۴۰۸۶	۱۷۹۷	۲۲۳۱۹	۴۳/۲	۶۶۲۵۸

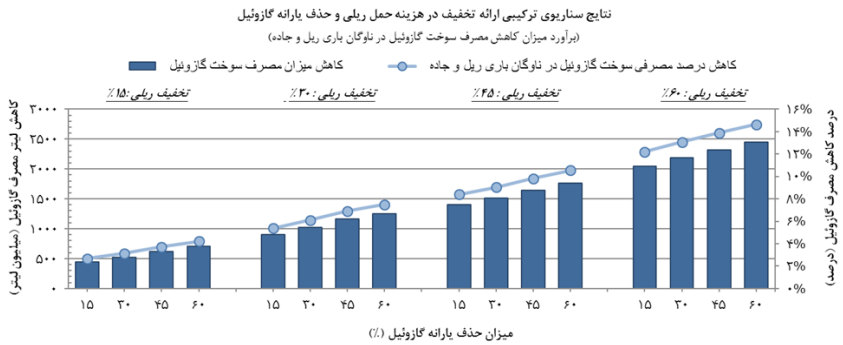
در شکل ۳، درصد کاهش آلاینده‌های هوا به همراه مقدار این کاهش برحسب میلیون تن دی‌اکسید کربن در سناریوهای پیشنهادی مختلف نشان داده‌شده است. لازم به ذکر است که میزان کاهش تولید آلاینده‌ها با استفاده از وزن هزینه‌های اجتماعی آن‌ها با دی‌اکسید معادل شده است که در بخش برآورد هزینه آلودگی هوا مطرح گردید. همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده‌شده است، در سناریوی ۳۰ ٪ تخفیف در هزینه حمل ریلی و ۳۰ ٪ حذف یارانه گازوئیل کاهش ۵/۳٪ در تولید آلاینده‌های هوا حاصل‌شده است. این مقدار برابر ۱۱/۹ میلیون تن دی‌اکسید کربن معادل شده است که حدود ۴ برابر کل تولید آلودگی هوا در بخش حمل‌ونقل ریلی ایران است.

شکل ۱: تفکیک اجزای متوسط سود ناخالص تحت سناریوهای مختلف حذف یارانه گازوئیل

Fig. 1. Total savings of gasoline subsidy removal based on different scenarios

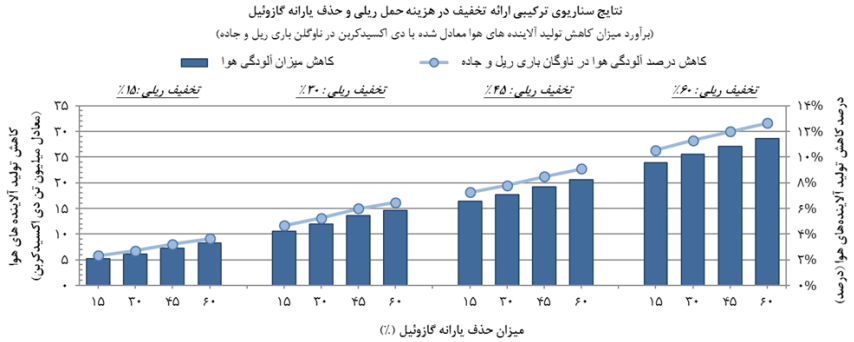
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: برآورد میزان کاهش مصرف سوخت گازوئیل در بخش باری ریل و جاده تحت سناریوهای ترکیبی

Fig. 2. Effect of hybrid scenarios on gasoline consumptions of freight transport by rail and track



شکل ۳: برآورد میزان کاهش تولید آلاینده‌های هوا در بخش باری ریل و جاده تحت سناریوهای ترکیبی

Fig. 3.Effect of hybrid scenarios on the air pollution reduction of freight transport caused by rail and track

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش سود سیستم حمل و نقل به ازای دو سیاست حذف یارانه گازوئیل و ارائه تخفیف در هزینه حمل ریلی توسط مدل انتخاب وسیله بین دو شیوه ریل و جاده از جهت مصرف سوخت، تولید آلودگی هوا، و تلفات انسانی ارزیابی گردید. این ارزیابی برای چهار گروه کالای قابل رقابت از جهت شیوه حمل بین ریل و جاده بوده با سهم ۵۶ ٪ از تن-کیلومتر کالای جابه‌جاشده در بخش ریل و جاده میباشد. نتایج نشان میدهد همراه شدن دو سناریوی حذف یارانه و ارائه تخفیف در هزینه حمل ریلی می‌تواند منفعت سیستم را به‌صورت غیرخطی افزایش دهد. همچنین سیاست ارائه تخفیف در هزینه حمل ریلی نسبت به سیاست حذف یارانه سوخت نتایج بهتری به دنبال داشته است به گونهای که توانسته در یک بازه تغییرات ۴۰ درصدی به‌طور متوسط تا ۴ برابر در کاهش آلودگی هوا مؤثرتر باشد. از طرف دیگر به طور میانگین تحت سناریوهای بحث شده میزان منفعت خالص و ناخالص به ترتیب ۳۳۶۰ و ۳۶۸۰ ریال به ازای هر تن کیلومتر تغییر از جاده به ریل و البته همراه با انحراف معیار ۳۰ ٪ می باشد. این در حالی است که منفعت ناخالص باری کشور در سال طرح به طور متوسط ۴۳/۲ ریال به ازای هر تن کیلومتر بوده است. درخصوص سهم هر بخش در منفعت ناخالص سیستم تحت سناریوهای حذف یارانه سوخت، به ترتیب سود عدم پرداخت یارانه سوخت دارای سهم ۵۰٪، کاهش مصرف گازوئیل ۳۰٪، حداکثر کاهش احتمالی تلفات انسانی ۱۱ ٪ و کاهش تولید آلودگی هوا ۹ ٪ می باشد. بدین ترتیب نتایج بیانگر تأثیر بیشتر تخفیف حمل‌ونقل ریلی بر تغییر شیوه حمل و همچنین تأثیر بیشتر حذف یارانه سوخت بر منفعت سیستم میباشد. در مجموع به عنوان یک سناریوی پیشنهادی ارائه ۳۰ ٪ تخفیف برای هزینه جابه‌جایی ریلی به همراه حذف ۳۰ ٪ از یارانه گازوئیل، کاهش ۶/۱ ٪ مصرف گازوئیل معادل ۱۰۲۰ میلیون لیتر (حدود ۴/۵ برابر کل مصرف بخش باری راه‌آهن در سال مطالعه) و کاهش ۳/۵ ٪ تولید آلاینده‌های هوا معادل ۱۱/۹ میلیون تن دی‌اکسید کربن (حدود ۴ برابر کل تولید آلودگی هوا در بخش حمل-ونقل ریلی ایران) برآورد میگردد. درنهایت، پژوهش حاضر به‌عنوان یک مطالعه‌ی اولیه نشان‌دهنده وجود سود بالقوه‌ای در تغییر شیوه حمل از جاده به ریل است که طی مطالعات گسترده‌تر، می‌تواند برای کاربردهای اجرایی توسعه یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] H. Min, International intermodal choices via chance-constrained goal programming, Transportation Research Part A: General, 25(6) (1991) 351-362.

[2] F. Wilson, B. Bisson, K. Kobia, Factors That Determine Mode Choice 1n the Transportation of General Freight, (1986).

[3] K. Arunotayanun, J. Polak, Taste heterogeneity in freight shippers' mode choice behaviour, in: Proceedings, 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2007, pp. 21-25.

[4] P.T. Evers, D.V. Harper, P.M. Needham, The determinants of shipper perceptions of modes, Transportation journal, (1996) 13-25.

[5] M.A. McGinnis, Shipper attitudes toward freight transportation choice: a factor analytic study, International Journal of Physical Distribution & Materials Management, 10(1) (1979) 25-34.

[6] O. Norojono, W. Young, A stated preference freight mode choice model, Transportation Planning and Technology, 26(2) (2003) 1-1.

[7] A. Samimi, K. Kawamura, A. Mohammadian, A disaggregate analysis of rail-truck mode choice behaviors for freight shipments, 2011.

[8] E. Rahimi, H. Amini, A. Samimi, The Mode choice modeling of freight transportation; case of Iran, in: 13th International conference on traffic and transportation engineering (ICTTE13), Tehran, 2013. (In Persian)

[9] A. McKinnon, CO2 Emissions from Freight Transport in the UK, Report prepared for the Climate Change Working Group of the Commission for Integrated Transport, (2007).

[10] Energy Balance Sheet, Ministry of Energy, Department of Electricity and Energy Affairs, 2010. (In Persian)

[11] M. Penning, S. Oades, Retailers using rail freight to make cost and carbon savings, Mode Shift Centre. Email: enquiries@modeshiftcentre.org.uk.

[12] F. Ackerman, E.A. Stanton, The social cost of carbon, Economics for Equity and Environment (E3 Network). Available online at http://www.e3network.org/papers/SocialCostOfCarbon_SEI_20100401.pdf, (2010).

[13] E. Cefic, Guidelines for Measuring and Managing CO2 Emission from Freight Transport Operations, Cefic Report, 1 (2011) 1-18.

[14] K. Bhalla, M. Naghavi, S. Shahraz, D. Bartels, C.J. Murray, Building national estimates of the burden of road traffic injuries in developing countries from all available data sources: Iran, Injury Prevention, 15(3) (2009) 150-156.

[15] E. Ainy, H. Soori, M. Ganjali, H. Le, T. Baghfalaki, Estimating cost of road traffic injuries in Iran using willingness to pay (WTP) method, PLoS One, 9(12) (2014) e112721.

[16] Statistical Yearbook of Road Transportation, I.R of Iran Road Maintenance & Transportation Organization, 2010. (In Persian)

[17] Statistical Yearbook of Rail Transportation, Islamic Republic of Iran Railways, 2010. (In Persian)

[18] Transportation Energy Data Book, Iranian Fuel Conservation Company, 2010. (In Persian)

[19] A. Ataie, A. Azhdari, The Assessment of Road Accidents in The Context of Socio-demographic Costs, I.R. Majlis Research Center, Tehran, Iran, 2011. (In Persian)

[20] Bills of Loading for Rail and Road Sectors, in: I.R of Iran Road Maintenance & Transportation Organization, 2011. (In Persian)

[21] Trading Economics, in., Website: https://tradingeconomics.com

[22] M. Yaghini, The Statistical analysis of Iran's railroad accidents, in: 3rd National Conference of Roadway, Railway and Arial accidents, Zanjan, Iran, 2012. (In Persian)

[23] N. Pourmoalem, Road Safety, I.R. Ministry of roads and Transportation, 2011.

[24] Statistical Yearbook of Road Transportation, I.R of Iran Road Maintenance & Transportation Organization, 2011. (In Persian)

[25] Statistical Yearbook of Rail Transportation, Islamic Republic of Iran Railways, 2011. (In Persian)

Please cite this article using:
A. Samimi, E. Rahimi, H. R. Amini, A Disaggregate Analysis of Rail-Truck Mode Choice Behaviors for Freight Shipments in Iran and their Environment effects, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 50(3) (2018) 519-528.
DOI: 10.22060/ceej.2017.11880.5092

www.SID.ir