

# مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل کانتینر در ایران

سید سینا مهری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

حسین حق شناس، استادیار، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: ho\_hagh@cc.iut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱

## چکیده

با وجود روبه رشد بودن حمل و نقل کانتینری در جهان، در ایران تنها ۱٫۶ درصد از کل جابه‌جایی کالا توسط کانتینر حمل می‌گردد. در ایران سهم حمل و نقل ریلی در جابه‌جایی کانتینر علیرغم مزایای نسبی آن به حمل و نقل جاده‌ای ناچیز است. در سال ۱۳۹۲ از مجموع ۶٫۵ میلیون تن کالای کانتینری حمل شده در کشور تنها ۰٫۵ میلیون تن (۸ درصد) از آن توسط راه آهن حمل شده است. این پژوهش با هدف بررسی دلایل برتری حمل و نقل جاده‌ای در جابه‌جایی کانتینر و عدم استقبال صاحبان بار از حمل و نقل ریلی انجام شده است. برای این منظور از مدل انتخاب وسیله لوجیت دوگانه در ریل و جاده بر مبنای اطلاعات بارنامه‌های ثبت شده راه آهن و سازمان راهداری استفاده شده است. از منابع مختلف اطلاعاتی، مقادیر متغیرهای مرتبط با انتخاب وسیله کانتینر برای مبادی و مقاصد مختلف کشور محاسبه گردید برترین مدل لوجیت در انتخاب وسیله ریل و جاده، بر اساس آزمون‌های مختلف آماری، شناسایی و بر اساس آن مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در انتخاب شیوه حمل کانتینر معرفی گردید. برترین مدل انتخاب وسیله حمل از متغیرهای بندر بودن مبدأ، بندر بودن مقصد، بار انبوه بالای ۱۰۰۰۰ تن، زمان جاده‌ای، زمان ریلی، مبدأ-مقصد پرتردد، مبدأ-مقصد فعال ریلی و هزینه کل ریلی به جاده‌ای تشکیل شده است. سه متغیر زمان سفر جاده‌ای، زمان سفر ریلی و هزینه کل ریلی نسبت به جاده‌ای با توجه به الاستیسیته بالا از تأثیرگذارترین متغیرها در این مدل بوده‌اند. مقایسه مقادیر پیش‌بینی‌کننده تناژ ریلی توسط این مدل و تناژ ریلی واقعی نشان داد که مدل به‌طور قابل قبولی می‌تواند نزدیک به واقعیت پیش‌بینی کند. در پایان بر اساس مدل انتخاب وسیله، راهکارهایی جهت افزایش سهم بار ریلی پیشنهاد گردیده است که اصلاح تعرفه‌ها، احداث بنادر خشک و زمان‌بندی خطوط از مهم‌ترین این راهکارهای هستند.

واژه‌های کلیدی: انتخاب وسیله، تحلیل هم‌فزون، حمل و نقل کانتینری، راه آهن، مدل لوجیت

## ۱. مقدمه

نامطلوبی در ایران برخوردار است. شناسایی دلایل این برتری به‌خصوص در گروه کالاهای کانتینری مسئله اصلی پژوهش حاضر است. هدف از پژوهش حاضر شناسایی مهمترین عوامل موثر بر انتخاب شیوه حمل کانتینر و میزان تاثیر هر عامل است. مدل‌های انتخاب وسیله برای کالاهای کانتینری منجر به شناسایی مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر انتخاب شیوه حمل می‌گردد و با ارائه راهکارهای مؤثر در جهت مهم‌ترین متغیرهای مدل انتخاب وسیله که از تحلیل حساسیت متغیرهای مدل بدست می‌آید، امکان افزایش تقاضای ریلی کالای کانتینر میسر می‌گردد.

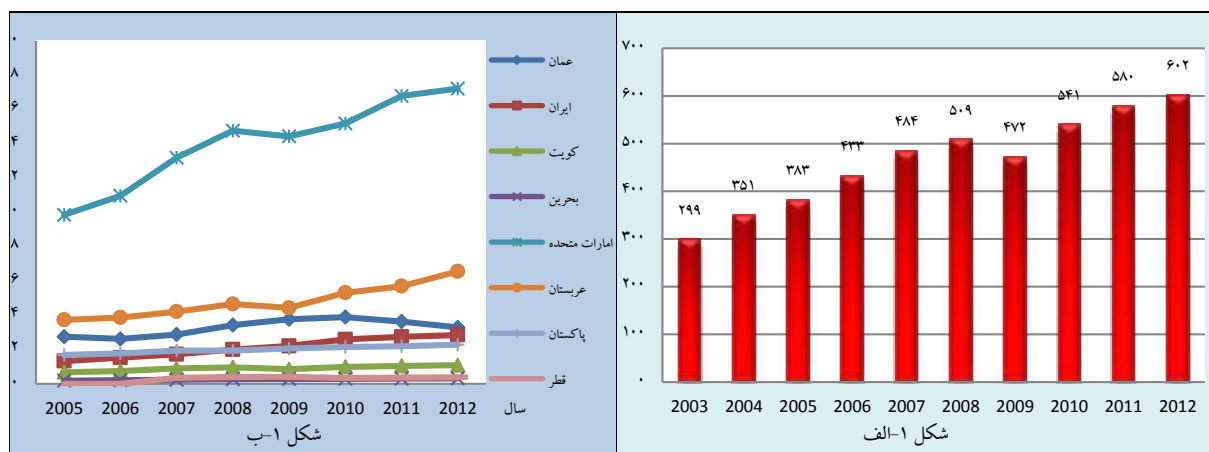
وینستون در سال ۱۹۸۱ به مطالعه جابه‌جایی کالاهای خانگی و انتخاب شیوه حمل کانتینری برای این کالاها در کریدور کاستال پرداخته است [Winston 1981]. ویرا در سال ۱۹۹۲ حمل و نقل کانتینری کالا را به عنوان یک گزینه در مدهای انتخاب وارد نموده است. در این مطالعه به دلیل کمبود اطلاعات متوسط هزینه و زمان سفر برای حمل کالاهای کانتینری در سیستم جاده ای و ریلی برابر با متوسط هزینه و زمان سفر کلیه کالاها در این دو سیستم در نظر گرفته شده است. همچنین این مطالعه نتوانست به خوبی دلایلی جهت تفکیک سیستم ریلی و جاده ای از یکدیگر شناسایی کند [Vieira, 1992]. کولیان و همکاران در سال ۲۰۰۰ در مقاله‌ای تحت عنوان شناسایی متغیرهای موثر بر تصمیم‌گیری انتخاب وسیله و مسیر بار به بررسی و شناسایی متغیرهای موثر بر انتخاب وسیله حمل بار که بوسیله روش رجحان بیان شده در مطالعات مختلف آمده است پرداخته‌اند، روش استفاده‌شده برای این بررسی تجزیه و تحلیل محتوایی متون است. متغیرها بر اساس فراوانی تکرار لغات در مقالات رتبه‌بندی شدند. بیشترین متغیرهای تکرار شده در ۷۵ پژوهش، پنج متغیر هزینه حمل، سرعت، قابلیت اطمینان به زمان، ویژگی کالاها و خدمات بوده‌اند [Cullinane, 2000].

امروزه حمل‌ونقل ترکیبی به سبب دارا بودن مزایای هر دو گونه ریلی و جاده‌ای با تغییر در ساختار وسایل نقلیه و نوع بسته‌بندی کالاها با استفاده از کانتینر، هزینه و زمان سفر را کاهش داده و ایمنی و سهولت حمل‌ونقل را برای صاحبان کالا فراهم نموده است و وجود مزایای بسیار در حمل کانتینری کالا، باعث افزایش رغبت صاحبان کالا در کل جهان به این شیوه حمل‌ونقل گردیده است. شکل ۱-الف روند تغییرات جابه‌جایی کانتینر در جهان و شکل ۱-ب آمار تجارت حمل‌ونقل کانتینری در کشورهای خلیج فارس و دریای عمان از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهند.

بر اساس شکل ۱-الف حجم جابه‌جایی کانتینر در جهان از ۲۹۹ میلیون TEU در سال ۲۰۰۳ به ۶۰۲ میلیون TEU در سال ۲۰۱۲ افزایش پیدا کرده است [Degerland, 2011]. با این وجود شکل ۱-ب آمار تجارت حمل‌ونقل کانتینر در کشورهای خلیج فارس و دریای عمان از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد که میزان تجارت حمل‌ونقل کانتینری در ایران با درصد کمی رشد نموده است (در حدود ۰,۷ میلیون تن در سال ۲۰۰۵ و ۲,۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۲) [UNCTAD, 2011].

مطالعه سهم حمل‌ونقل ریلی بار در ایران در مقایسه با حمل‌ونقل جاده‌ای و هوایی حاکی از این مطلب است که بیش از ۹۰ درصد از جابه‌جایی کالا در کشور توسط جاده حمل می‌گردد و سهم حمل‌ونقل ریلی در حدود ۱۰ درصد است [پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۹۳]. حمل‌ونقل کانتینر توسط راه‌آهن دارای مزایای بالقوه‌ای از جمله جابه‌جایی حجم انبوه کانتینر، هزینه حمل کمتر نسبت به حمل‌ونقل جاده‌ای، مصرف سوخت کمتر، آلاینده‌گی کمتر و... است. با این حال حمل کانتینر با راه‌آهن از جایگاه بسیار

## مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل .....



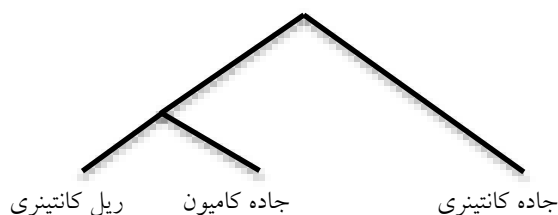
شکل ۱. مقایسه حجم مبادلات کانتینری در کشورهای جهان در فاصله سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲

عدم تعادل مکانی تابع عرضه و تقاضا باعث خالی حرکت کردن وسایل و عدم تعادل زمانی تابع عرضه و تقاضا باعث توقف ناوگان در ایستگاه می‌شود. هر دو این عوامل افزایش هزینه‌ها را در بردارند. نوع کالای باری در این مقاله کانتینر بوده، که توسط راه‌آهن یا جاده یا حمل ترکیبی، حمل می‌گردد. در این مقاله با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی با تابع هدف حداکثر کردن سود یک شرکت، تعرفه بهینه محاسبه گردیده است. فوکس و همکاران با استفاده از روش (LSAP) به مدل سازی تحرکات داخلی حمل کالاهای کانتینری از بریتانیا به قاره اروپا پرداخته اند [Fowkes, 1991]. مشابه روش فوکس توسط شینگال و فوکس در سال ۲۰۰۶ در کشور هند مورد مطالعه قرار گرفت [Shinghal, 2006].

فریز و همکاران در سال ۲۰۰۸ با در نظر گرفتن گروه‌های مختلف کالا، مدل انتخاب برای شیوه‌های ریلی، جاده‌ای و ترکیبی را در ۴ بخش بارهای داخلی، وارداتی، صادراتی و ترانزیت برای کشور سوئیس ساخته‌اند. اطلاعات لازم برای مدل‌سازی از طریق مصاحبه (تلفن و ایمیل) با ۹۷ شرکت حمل بار جمع‌آوری گردیده است. متغیرهای در نظر گرفته شده در این مطالعه هزینه حمل، زمان سفر، قابلیت اطمینان به زمان و در دسترس بودن خط ریلی کمکی است. در تمامی مدل‌ها متغیرهای هزینه و قابلیت اطمینان به زمان وارد مدل شده‌اند، در مدل حمل و نقل داخلی بار، علاوه بر دو متغیر ذکر شده، زمان سفر نیز وارد مدل شده‌است، متغیر خط کمکی خصوصی نیز

شینگال و فوکس در سال ۲۰۰۲ با استفاده از داده‌های گردآوری شده به روش رجحان بیان شده در کشور هند به مطالعه انتخاب وسیله حمل بار در کشور هند پرداخته‌اند. اطلاعات از طریق مصاحبه با ۳۲ شرکت صادراتی و داخلی حاصل گردیده است. مطالعات بر روی کریدور شمال به غرب از دهلی به بمبئی که یکی از مهمترین کریدورهای انتقال بار داخلی و همچنین بار صادراتی و وارداتی به این کشور است بررسی می‌شود. محققین در این مطالعه ۴ گزینه یا طریقه‌ی حمل به نام‌های، جاده (وضعیت موجود)، سرویس جدید جاده‌ای، سرویس کانتینری ترکیبی و سرویس ریلی (سرویس سریع السیر) پیشنهاد کرده‌اند. با در نظر گرفتن متغیرهای تاثیر گذار از جمله هزینه حمل، زمان سفر، قابلیت اطمینان به زمان و فراوانی سرویس، مدل‌های همفزون بر روی اطلاعات جمع‌آوری شده ساخته شده است. طبق نتایج به دست آمده، کالاهای با ارزش کمترین میزان رغبت را برای حمل با ریل از خود نشان داده و کالاهای صادراتی نیز تمایلی به حمل بار از طریق ریل ندارند. در نهایت سیستم ریلی می‌تواند با ۱۵ الی ۳۰ درصد تخفیف در حمل کالا و رساندن کیفیت سرویس خود به سیستم جاده‌ای مورد استفاده قرار بگیرد. فراوانی سرویس نیز یکی از عوامل مهم در انتخاب طریقه مخصوصا برای گروه کالاهای صنعتی بوده است [Shinghal, 2002]. رانگراج در سال ۲۰۰۳ به استراتژی‌های قیمت‌گذاری و سرمایه‌گذاری و سایر جنبه‌های رقابتی دیگر در انتخاب وسیله حمل پرداخته است [Rangaraj, 2003].

فقط در دو مدل مربوط به حمل و نقل داخلی بار معنادار شده است [Fries, 2008]



شکل ۲. بهترین مدل آشیانه‌ای برای حمل کالاهای صادراتی از هند

با جاده، حمل کانتینری با ریل و حمل به صورت فله توسط جاده) در نظر گرفته شده است. اطلاعات مورد نیاز توسط ۱۲۴ پرسشنامه از صاحبان بار و همچنین اطلاعات پایانه‌ها و شرکت‌های صادراتی تهیه گردیده است. بهترین مدل لجستیک آشیانه‌ای این مطالعه در شکل ۲ آورده شده است [Ravibabu, 2013].

متغیرهای در نظر گرفته شده شامل متغیرهای مربوط به ویژگی کالاها (ارزش کالا و چگالی)، اندازه شرکت صادراتی (گردش مالی سالیانه شرکت)، نوع وسیله حمل (هزینه، زمان سفر، اطمینان‌پذیری، خسارت) و همچنین یک سری متغیرهای اضافی مربوط به حمل کانتینری از جمله: متناسب بودن برای کانتینری شدن کالا، مزایای ارسال صادرات کالا (درصدی از ارزش کالا)، سفارش‌های فوری، فرکانس و فراوانی سرویس هستند. با توجه به مدل ساخته شده نتیجه گرفته شده است که پارامترهای هزینه سفر و زمان سفر از همه مهم‌تر هستند و جهت افزایش حمل کانتینری باید به اصلاح این پارامترها پرداخت و پیشنهاد شده است که به جای بررسی یک کریدور کلیه مسیرها بررسی گردند و تمامی کالاهای صادراتی، وارداتی، ترانزیت، داخلی در نظر گرفته شوند [Ravibabu, 2013].

پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه صنعتی اصفهان بعد از تقسیم‌بندی کلیه کالاهای داخلی کشور در بارنامه‌های جاده‌ای و ریلی به گروه‌های کالایی فولادی، معدنی، کشاورزی، ساختمانی، نفتی و خرده بار مدل‌های مطلوبیت ریل به جاده ساخته شده است. در این پژوهش کالاهای کانتینری در گروه کالاهای خرده بار قرار گرفته است و به صورت جداگانه مدل‌سازی نشد. در این مطالعه با پیش‌بینی تقاضای کالا در افق‌های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۴ به پیش‌بینی سهم راه‌آهن در این افق‌ها تحت سناریوهای مختلف

شن در سال ۲۰۱۲ با استفاده از مدل انتخاب وسیله دوگانه و رگرسیون به برآورد سهم جاده و ریل در حمل غلات (شامل گندم، جو، ذرت و ...) در آمریکا با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۲ پرداخته است. اطلاعات استفاده شده شامل ۱۱ مبدأ و ۲۲ مقصد است، و تنها مبادی مقاصدی در نظر گرفته شدند که از هر دو سیستم ریل و جاده بار ارسال و دریافت می‌کنند. متغیرهای در نظر گرفته شده شامل ویژگی‌های کالا، شبکه و سوخت است. در پایان اختلاف نسبی تخمین مدل‌های لجستیک و رگرسیون با مقادیر مشاهده شده مقایسه شدند که برای جاده به ترتیب مقادیر ۰،۷۴، ۱،۷۵ و برای ریل ۱،۳۸، ۲،۱۴ به دست آمد که نشان‌دهنده آن است که مدل لجستیک تخمین بهتری را ارائه کرده است [Shen, 2012].

شی و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی اصلاح تعرفه حمل بار در راه‌آهن با استفاده از کشش قیمتی تعرفه حمل بار راه‌آهن پرداخته‌اند. در این پژوهش کالاها به دو دسته فله و کالاهای قابل بسته‌بندی تقسیم شده‌اند. کل منطقه مورد مطالعه طبق تقسیمات ناحیه‌ای تقسیم شده و جریان بین این مناطق مورد ارزیابی قرار داده شده است. این پژوهش بیان می‌کند، تنها اصلاح تعرفه راه‌آهن گره‌گشا نیست و باید به تعرفه گونه رقیب (جاده) نیز توجه نمود. در این پژوهش تغییرات تولید ناخالص داخلی نیز بررسی شده و نتیجه گرفته شده است، برای بعضی گونه‌های کالا با افزایش تولید ناخالص ملی حجم کالا جابجایی همواره افزایش می‌یابد و برای بعضی گونه‌ها ابتدا افزایش یافته تا به حد مشخصی برسد سپس کاهش می‌یابد [Shi, 2012].

راویباو در سال ۲۰۱۳ به مدل‌سازی انتخاب وسیله حمل کالاهای صادراتی از کشور هند در مسیر کریدور مومبای-دهلی پرداخته است. در این مقاله سه نوع شیوه حمل (حمل کانتینری

## مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل .....

ثابت جهت مدل کردن رفتار مصرف‌کننده‌ها موجب گردیده‌است که مطلوبیت به‌صورت تصادفی مدل شود. در این پژوهش از مدل‌های لوجیت دوگانه برای انتخاب وسیله کالای کانتینری در ریل و جاده استفاده شده‌است. برای ارزیابی مدل لوجیت از آزمون‌های، بررسی منطقی بودن ضرایب مدل، شاخص  $\rho^2$  و  $\rho^2_C$  برای سنجش برازندگی مدل مشابه مدل‌های راندگرایی خطی، آزمون  $t$  به‌منظور تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای توصیفی مدل در سطوح اطمینان مختلف و آزمون مربع‌کای دو جهت ارزیابی برازندگی مجموعه‌ی متغیرها درمدل استفاده شده‌است.

آمار بارنامه‌های داخلی اداره راهداری و راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران مبنای تحلیل و مدل‌سازی انتخاب وسیله کالاهای کانتینری قرار گرفت. در اطلاعات بارنامه حمل و نقل جاده ای اخذ شده از سازمان راهداری، تنها تناژ حمل شده از مبادی به مقاصد وجود داشته و اطلاعات به تفکیک سفرهای انجام شده و صاحبان بار نیست. علاوه بر این مشکل، اطلاعات فردی یا شرکتی صاحبان بار نیز وجود ندارد. براین اساس در این پژوهش مدل لوجیت هم‌موزون ساخته می‌شود و نوع اطلاعات در اختیار، پرداخت مدل لوجیت ناهم‌موزون را ناممکن می‌سازد.

### ۲. معرفی و آماده‌سازی اطلاعات

آمار حمل کالاهای کانتینری جاده‌ای در حوزه‌های صادرات و واردات که از مرزهای آبی کشور انجام می‌شود، در بارنامه‌های داخلی سازمان‌های راهداری و راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ذخیره می‌شود. همچنین بر اساس آمار سازمان‌های نام‌برده صادرات و واردات کانتینری از مرزهای زمینی بسیار ناچیز بوده است [Transportation Research Institute, 2014]. آمار بارنامه‌های داخلی اداره راهداری و راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۲ مبنای تحلیل و مدل‌سازی انتخاب وسیله کالاهای کانتینری قرار گرفت. بر اساس این اطلاعات از مجموع ۶,۵ میلیون تن کالای کانتینری حمل شده در سال ۱۳۹۲، سهم راه‌آهن از کل بارهای کانتینری تنها ۸ درصد بوده‌است.

صاحبان کالا بر اساس پارامترهای مختلف از جمله ویژگی‌های گونه‌های حمل در کشور، ماهیت کالای خود و ویژگی‌های

پرداخته‌شده‌است. در این پژوهش مشکلات حمل‌ونقل ریلی از نگاه صاحبان کالا، شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی و کارشناسان راه‌آهن با استفاده از پرسش‌نامه‌ها و مصاحبه‌های جامعی در سطح کشور تهیه گردید. رتبه‌بندی مهم‌ترین موانع توسعه حمل ریلی در این پژوهش از دید مصاحبه‌شوندگان تعرفه بالای حمل ریلی، زمان طولانی حمل، مشکلات دسترسی و حمل ترکیبی و امکانات تخلیه و بارگیری هستند. به‌طور نمونه مصاحبه‌ای که با مسئولان گروه صنعتی انتخاب (به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده لوازم‌خانگی در ایران) صورت گرفته است، بیان می‌کند که هزینه حمل جاده‌ای یک کانتینر ۴۰ فوتی پس از ترخیص از گمرک بندرعباس تا درب کارخانه‌ها گروه صنعتی انتخاب در سال ۱۳۹۲ حدود هشتصد هزار تومان و هزینه برگشت کانتینر خالی حدود پانصد هزار تومان و در مجموع هزینه رفت و برگشت یک کانتینر یک‌میلیون و سیصد هزار تومان بوده است، درحالی‌که در همان سال هزینه حمل ریلی در مسیر رفت یک‌میلیون و دویست هزار تومان و هزینه حمل جاده‌ای از ایستگاه راه‌آهن تا درب کارخانه دویست هزار تومان و هزینه حمل کانتینر خالی از کارخانه تا ایستگاه راه‌آهن دویست هزار تومان و هزینه حمل ریلی کانتینر خالی در مسیر برگشت به بندرعباس دویست و پنجاه هزار تومان و همچنین هزینه جرتقیل در ایستگاه راه‌آهن اصفهان (ایستگاه مقصد) (در هر بار جابه‌جایی هفتاد و پنج هزار تومان) حدود صد و پنجاه هزار تومان و در مجموع حدود دو میلیون تومان بوده، که در حدود ۱,۵ برابر هزینه حمل جاده‌ای کانتینر بوده است [Transportation Research Institute, 2014].

در پژوهش حاضر برای شناسایی عوامل موثر در انتخاب شیوه حمل کانتینر از مدل‌سازی انتخاب وسیله لوجیت استفاده می‌شود. مدل‌سازی امکان بررسی میزان اهمیت متغیرها نسبت به یکدیگر در حضور هم‌زمان آنها در مدل را فراهم می‌سازد. مدل لوجیت برمبنای انتخاب وسیله براساس مطلوبیت شیوه حمل ساخته می‌شود و در اکثر منابع مختلف فوق‌الذکر به عنوان یک مدل مناسب در بررسی شیوه حمل مورد استفاده قرار گرفته است. دلایلی چون عدم امکان در نظر گرفتن همه متغیرهای تأثیرگذار در تابع مطلوبیت (V)، غیر قابل مشاهده و یا اندازه‌گیری کردن بسیاری از ویژگی‌هایی که مطلوبیت افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین نبودن یک قانون منطقی و

برای شهرستان‌های دارای ایستگاه ریلی تخمین زده شده‌است. بنابراین با استفاده از این اطلاعات نمی‌توان زمان سفر ریلی را برای شهرستان‌هایی که ایستگاه ریلی ندارند تخمین زد، مگر این‌که از زمان حمل ترکیبی استفاده شود. به همین منظور زمان حمل ریلی برای شهرستان‌های فاقد دسترسی ریلی به صورت رابطه ۳ محاسبه شده است. اطلاعات مبدا، مقصد مربوط به مبدا و مقصدهای نهایی است. در فرایند مدل‌سازی برای مبدا مقاصدی که راه آهن هیچ عملکردی نداشته است (ایستگاه ریلی در شهرستان‌های مبدا و یا مقصد و یا هر دو وجود نداشته است)، اطلاعات زمان سفر به صورت ترکیب با جاده برای شیوه ریلی در نظر گرفته شده است که این محاسبه در نرم افزار GIS انجام شده است. با ورود نقشه راه‌های کشور در نرم افزار GIS و تبدیل آن به یک شبکه (شبکه ای که کمانهای آن با تابع هزینه زمان سفر مشخص شده اند و گره‌های آن مراکز شهرستانها هستند)، زمان سفر میان کلیه مبدا، مقصد های جاده‌ای محاسبه گردید. با وارد نمودن لایه نقاط ایستگاههای ریلی به نرم افزار، GIS نزدیک ترین ایستگاهها به مراکز هریک از شهرستانها و مقدار زمان سفر میان این دو گره محاسبه گردید.

$$T_{rail} = (D_{mb} + D_{mg}) * T_{road} + T'_{rail} \quad (1)$$

$T_{rail}$ ، زمان حمل ریلی به صورت ترکیبی،  $D_{mb}$ ، فاصله نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی تا مبدأ حرکت در سیستم جاده‌ای برحسب کیلومتر،  $D_{mg}$ ، فاصله نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی تا مقصد حرکت در سیستم جاده‌ای برحسب کیلومتر،  $T_{road}$ ، متوسط زمان حرکت یک کیلومتر فاصله در سیستم جاده‌ای میان مبدأ مقصد مربوطه،  $T'_{rail}$ ، زمان حمل ریلی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های ریلی به مبدأ و مقصد اصلی موردنظر.

شرکت، گونه برتر جهت حمل کالا را انتخاب می‌کنند. اطلاعات بارنامه‌های جاده و راه آهن، فاقد اطلاعات و ویژگی‌های شرکت‌های فرستنده است. همچنین ویژگی کالاها پس از کانتینری شدن کالاها، تأثیری در انتخاب شیوه حمل کانتینر نداشته، به طوری که در اکثر گروه‌بندی‌های کالایی در کشورهای مختلف و ایران، کالای کانتینری را به عنوان یک گروه مجزا بدون در نظر گرفتن کالای داخل آن در نظر می‌گیرند. در ادامه کلیه متغیرهای در نظر گرفته شده در ساخت مدل‌های انتخاب شیوه حمل کالای کانتینری توضیح داده شده‌اند.

#### • زمان سفر ریلی

یکی از عوامل مهم در انتخاب وسیله حمل کالا، زمان حمل آن طریقه است به طوری که با توجه به نظرات صاحبان کالا مهم‌ترین دلیل عدم مطلوبیت حمل ریلی زمان سفر بالای آن است. از مهم‌ترین دلایل بالا بودن زمان ریلی می‌توان به محدودیت ظرفیت مسیرهای ریلی کشور به ویژه در مسیرهای تک خطه اشاره کرد [Fries, 2008]. به منظور محاسبه متوسط زمان سفر ریلی میان مبادی و مقاصد مختلف کشور از اطلاعات سیر و حرکت راه آهن ج.ا.ا در سال ۱۳۹۲ در قالب SQL با بیش از ۶ گیگابایت اطلاعات و ۵۰ جدول مختلف استفاده گردید. در این اطلاعات مجموع زمان هر واگن از مبدا تا مقصد در حال حرکت و زمان انتظار ثبت شده بود. بر اساس این اطلاعات، متوسط زمان طی بلاک‌های شبکه و متوسط زمان انتظار واگن‌ها در ایستگاه‌های راه آهن پس از حذف داده‌های پرت و ناهمگون، محاسبه و در آخر با استفاده از نرم افزار GIS کوتاه‌ترین زمان سفر میان تمامی مبدأ مقصدهای ریلی محاسبه گردید. چون به تفکیک مبادی و مقاصد اطلاعات زمان انتظار بارگیری وجود نداشت، زمان تخلیه و بارگیری و انتظار برای بارگیری به صورت یک عدد میانگین و ثابت به همه مبدا مقصد ها اضافه گردید. قسمتی از زمان سفر ریلی میان مبادی و مقاصد مختلف کشور در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به اطلاعات سیر حرکت که از سازمان راه آهن دریافت گردید، متوسط زمان سفر

## مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل .....

جدول ۱. اطلاعات کلی تناژ کل کالاها و کالاهای کانتینری در ریل و جاده

سال	شیوه حمل ل	تناژ حمل کانتینر (میلیون تن)	کل تناژ حمل (میلیون تن)	سهم کانتینر سهم شیوه حمل از مجموع بارهای کانتینری
۱۳۹۲	جاده‌ای	۶,۰۷	۳۸۰,۹۳	۱,۶ درصد
۱۳۹۲	ریلی	۰,۵۲	۳۰,۲۶	۱,۷ درصد

### • زمان سفر جاده‌ای

زمان سفر حمل و نقل جاده‌ای تابعی از عوامل مختلف همچون مسافت، زیرساخت‌های مسیر، عوارض زمین، شرایط آب و هوایی و ... است [Morgul, 2013]. زمان سفر جاده‌ای بر اساس شیب‌راه‌های کشور و سرعت متوسط حرکت وسایل نقلیه باری در هر یک از شیب‌های مختلف برای قطعه‌های مختلف راه محاسبه گردید. در پایان با استفاده از نرم‌افزار GIS کوتاه‌ترین زمان سفر میان تمامی مبادی - مقاصد جاده‌ای کشور محاسبه گردید. همچنین متوسط زمان مورد نیاز جهت استراحت رانندگان در مسیر به زمان مبدأ مقصد جاده‌ای افزوده گردید. در جدول ۳ نمونه‌ای از اطلاعات زمان سفر جاده‌ای نشان داده شده است.

### • تعرفه حمل جاده‌ای و ریلی

هزینه تمام شده حمل کانتینر یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در انتخاب وسیله حمل بار بوده که تعرفه حمل کالا قسمت اعظمی از این هزینه را تشکیل می‌دهد. تعرفه جاده‌ای در حمل بارهای داخلی توسط انجمن‌های صنفی حمل بار هر شهرستان و تعرفه حمل ریلی توسط سازمان راه آهن کشور تصویب و به نهادهای اجرائی ابلاغ می‌گردد. به منظور تعیین نرخ تعرفه‌ای برحسب تن کیلومتر برای مبدأ مقصدهای ریلی و جاده‌ای کشور تمامی اطلاعات حمل کانتینر در کشور از آمار بارنامه‌های ریلی و جاده‌ای جدا گردید. در این اطلاعات هزینه دریافتی از صاحب کالا برای تمامی ردیف‌ها مشخص شده بود. با هم‌فزون کردن این اطلاعات بر روی مبدأ مقصدهای کشور و محاسبه میانگین تعرفه حمل کالا به ازای هر تن کیلومتر حمل، تعرفه متوسط تمامی مبادی مقاصد کانتینری کشور محاسبه گردید. محاسبه هزینه حمل ریلی برای شهرستان‌هایی که فاقد ایستگاه

ریلی هستند به صورت ترکیبی و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$C_{rail} = D_{mb} * T_{amb} + D_{mg} * T_{amg} + C'_{rail} + 2 * C_l \quad (2)$$

$C_{rail}$ : هزینه حمل ریلی به صورت ترکیبی،  $D_{mb}$ : فاصله نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی تا مبدأ حرکت در سیستم جاده‌ای برحسب کیلومتر،  $D_{mg}$ : فاصله نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی تا مقصد حرکت در سیستم جاده‌ای برحسب کیلومتر،  $T_{amb}$ : متوسط تعرفه تن کیلومتر جاده‌ای از مبدأ حرکت،  $T_{amg}$ : متوسط تعرفه تن کیلومتر جاده‌ای از مقصد حرکت،  $C'_{rail}$ : هزینه حمل ریلی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های ریلی به مبدأ و مقصد اصلی مورد نظر،  $C_l$ : هزینه تخلیه و یا بارگیری بار در سیستم جاده‌ای. در جدول ۳ نمونه‌ای از تعرفه‌های ریلی و جاده‌ای حمل کانتینر نشان داده شده است.

### • هزینه کل حمل ریلی به هزینه کل حمل جاده‌ای

به منظور محاسبه هزینه های کل حمل ریلی و جاده‌ای کانتینر، هزینه‌های حمل کانتینر بر برای مبدأ - مقصدهای مختلف در سیستم ریلی و جاده‌ای با هزینه‌های حمل کانتینر خالی که بر اساس نظرات کارشناسان حمل و نقلی تقریباً برابر ۷۰ درصد هزینه حمل به صورت پر است، جمع گردید. در ادامه هزینه تخلیه و بارگیری ریلی و جاده‌ای در مبدأ و مقصد هر سفر بر اساس اطلاعات دریافت شده از اداره انبارهای گمرک جمهوری اسلامی و شرکت های حمل بار ریلی به هزینه های کل حمل اضافه گردید. سپس با توجه به زمان رفت کانتینر در سیستم جاده‌ای زمان برگشت نیز برابر با همین زمان در نظر گرفته شد و در صورتی که زمان رفت و برگشت کانتینر بیش از زمان مجاز برای امانت کانتینر بود هزینه‌های دموراز کانتینر بر اساس دستورالعمل سال ۹۲ اضافه گردید. همچنین اطلاعاتی از گمرک جمهوری

سیستم ریلی با توجه به نظر کارشناسان و مطالعات انجام شده دو برابر زمان رفت در نظر گرفته شد و بر اساس زمان رفت و برگشت هزینه دموارژ کانتینر به این اطلاعات افزوده شد. در پایان با تقسیم هزینه کل حمل ریلی به هزینه کل حمل جاده‌ای متغیری جهت انجام مدلسازی تعریف گردید. نمونه‌ای از هزینه کل حمل ریلی به هزینه کل حمل جاده‌ای در کشور در جدول ۲ نشان داده شده است.

اسلامی ایران دریافت شده بود که کلیه بارهای ترانزیت داخلی (ورود موقت) را مشخص می‌نمود با قرار دادن این اطلاعات در کنار اطلاعات بارنامه‌ای جاده، بارهای ترانزیت داخلی که در بارنامه‌های جاده‌ای قرار داشت شناسایی شد. برای بارهای ورود موقت در بارنامه‌های داخلی هزینه‌های کارمزد ترانزیت داخلی بر اساس مقادیر دریافت شده از شرکت‌های حمل بار به این اطلاعات اضافه شد. برای بارهای ریلی زمان برگشت کانتینر در

جدول ۲. نمونه‌ای از مقادیر متغیرهای در نظر گرفته شده میان تعدادی از زوج مبدأ-مقصد

مبدأ	مقصد	زمان سفر ریلی (ساعت)	زمان سفر جاده‌ای با استراحت (ساعت)	تعارفه جاده (ریال/تن کیلومتر)	تعارفه ریل (ریال/تن کیلومتر)	تعارفه کل ریل به جاده
بندرعباس	تهران	۷۲٫۸	۲۳٫۳	۸۳۱	۲۷۰	۱٫۳۷
خواف	بندرعباس	۷۱٫۹	۲۸٫۷	۶۲۹	۳۷۳	۱٫۴۲
بوشهر	تهران	۸۵٫۷	۲۲٫۶	۱۴۱۰	۳۰۲	۱٫۴۷
تهران	بندرعباس	۷۲٫۸	۲۳٫۳	۷۳۰	۱۶۵	۲٫۸۴
خرمشهر	تهران	۵۶٫۵	۲۵٫۷	۱۳۳۶	۳۰۶	۱٫۴۹
تهران	بوشهر	۸۵٫۷	۲۲٫۶	۸۱۳	۱۶۵	۲٫۸۱

راه آهن به تفکیک بر روی مبدأ- مقصد- کالا همفزون گردید. انبوه بودن بار سطوح بالای پنج، ده، پانزده و بیست هزار تن مورد بررسی قرار گرفت. به طور مثال برای متغیر بار انبوه بالای ده هزار تن کلیه مبدأ- مقصد- کالاهایی که تناژ بیش از ده هزار تن داشتند هم برای جاده و هم ریل جدا گردیده و مجدداً این اطلاعات بر روی مبدأ- مقصد همفزون گردیدند و تناژ مجموع بارهای بالای ده هزار تن این مبدأ مقصدها به جدول اطلاعات مدلسازی ارتباط داده شد. در آخر با تقسیم میزان تناژ بار بالای ده هزار تن به کل تناژ بار یک مبدأ- مقصد درصد بار انبوه در آن مبدأ- مقصد محاسبه گردید. با در نظر گرفتن نوع کالا در محاسبه درصد بار انبوه یک مبدأ- مقصد، رفتار صاحبان کالا در انتخاب وسیله حمل در نظر گرفته شده است. به طور مثال مبدأ- مقصدی را در نظر بگیرید که ۱۰ نوع کالا متفاوت با تناژ هریک هزار تن تقاضا دارد. در این مورد با توجه به تفاوت کالاهای به احتمال زیاد صاحبان کالاها نیز افرادی متفاوت هستند. با فرض متفاوت بودن صاحبان هر ده نوع کالا، بنابراین انتخاب وسیله از دید هر صاحب کالا برای هزار تن کالا صورت می‌پذیرد.

#### • بندر بودن مبدأ یا مقصد سفر

با شناسایی کلیه بنادر کشور و شهرستانهای آنها متغیرهایی با دو مقدار صفر و یک جهت بررسی تاثیر بنادر در سهم ریلی و جاده ای حمل و نقل کانتینری تعریف گردید. در صورت قرار گرفتن مبدأ یا مقصد سفر در شهرستانهای دارای بنادر آبی برای متغیر مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر تعریف شده است.

#### • فاصله حمل (جاده‌ای)

در اکثر کشورهای جهان حمل ریلی کالا در مسافت های طولانی بر حمل جاده‌ای آن ارجحیت دارد. در ایران نیز این قاعده در بعضی از مبدأ مقصدها رعایت شده است اما همچنان مبادی و مقاصدی با فاصله بسیار زیاد در کشور از جمله تبریز - بندرعباس وجود دارد که جاده گونه غالب است. این متغیر بر حسب فاصله به کیلومتر در مدلسازی استفاده شده است.

#### • بارهای انبوه

در این پژوهش بارهای انبوه به نوع کالای داخل کانتینر وابسته بوده و به صورت درصدی از کل بارهای بین یک مبدأ- مقصد در نظر گرفته شده است. به همین منظور کلیه بارهای جاده و



## مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل .....

شهرستان‌های دارای ایستگاه ریلی از نقشه GIS راه‌آهن کشور استخراج گردید. متغیر وجود یا عدم وجود ریل در شهرستان‌های کشور به صورت یک متغیر ساختگی با دو مقدار صفر و یک در نظر گرفته شد. مقدار یک برای شهرهای دارای دسترسی مستقیم ریلی و مقدار صفر برای سایر شهرها تعریف گردید. شکل ۳ شهرستانهای دارای ایستگاه ریلی را در کشور نشان می‌دهد.

### • مبدأ و مقصد فعال ریلی

متغیری ساختگی به صورت دو مقدار صفر و یک برای شهرهای فعال ریلی در سطوح بالای بیست، سی، چهل و پنجاه هزار تن تعریف گردید. به طور مثال در سطح بیست هزار تن، مقدار یک برای شهرستان‌هایی که تولید یا جذب بار ریلی آن‌ها بالای بیست هزار تن بود در نظر گرفته شد و برای سایر مبادی و یا مقاصد مقدار صفر فرض گردید.

### • سهم حمل بار کانتینری ریلی

با بررسی تناژ حمل شده ریلی و جاده‌ای کالاهای کانتینری در یک مبدأ- مقصد، سهم حمل بار کانتینری ریلی در هر مبدأ- مقصد محاسبه گردید. این متغیر، متغیر وابسته و هدف جهت انجام مدل سازی انتخاب وسیله به صورت لوجیت دوگانه در نظر گرفته شده است.

## ۳. مدل سازی

به منظور شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در سهم حمل بار کانتینری ریلی میزان همبستگی این متغیر با سایر متغیرهای در نظر گرفته شده بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن بررسی شده است. همبستگی متغیرها با سهم ریلی در سه سطح معناداری یک درصد (\*\*\*)، پنج درصد (\*\*\*) و ده درصد (\*) بررسی شده‌اند. علاوه بر بررسی سطح معناداری همبستگی متغیرهای مربوطه با سهم ریلی، منطقی بودن ضریب اسپیرمن آن متغیر نیز مهم است. علامت منفی ضریب اسپیرمن نشان‌دهنده رابطه معکوس میان دو متغیر و علامت مثبت نشان‌دهنده یک رابطه مستقیم است. جدول ۳ مهمترین متغیرهای همبسته با سهم بار کانتینری ریلی را نشان می‌دهد.

درحالی‌که اگر همان مبدا مقصد یک نوع کالا با تناژ ده هزار تن تقاضا داشت، انتخاب وسیله از دید صاحب کالا برای تناژ ده هزار تن انجام می‌شد. بنابراین این متغیر جهت توصیف بالا بودن مطلوبیت راه آهن در حمل کالاهای با تناژ بالا که در اکثر مطالعات و نظرات کارشناسان به آن اشاره شده بود، تعریف گردید.

### • مبدأ-مقصد پرتردد

پرتردد بودن یا نبودن یک مبدأ- مقصد به صورت یک متغیر ساختگی با مقادیر صفر و یک برای سطوح بالای بیست، سی، چهل و پنجاه هزار تن مورد بررسی قرار گرفت. به طور مثال در سطح بیست هزار تن، در صورتی که تناژ در جهت رفت و یا برگشت یک سال بیش از بیست هزار تن باشد مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر برای متغیر ساختگی مبدأ-مقصد پرتردد در نظر گرفته شد با وجود مبدأ-مقصدهای پرتردد و حمل درصدی از این تناژ در سیستم ریلی کشور زمان انتظار واگن‌ها جهت تشکیل قطار به شدت کاهش پیدا کرده و همچنین با افزایش تقاضا ریلی امکان کاهش تعرفه ریلی نیز در این محور وجود خواهد داشت. بنابراین انتظار داریم راه‌آهن در مبدأ- مقصدهای پرتردد تقاضای خوبی داشته باشد.

### • دسترسی به ریل

به دلیل عدم توسعه شبکه ریلی کشور بسیاری از کالاها با وجود تقاضای زیادی که دارند نمی‌توانند از خطوط ریلی استفاده کنند، به همین دلیل دسترسی مبدأ و مقصدهای حمل کالا در کشور به شبکه ریلی در افزایش تقاضای ریلی بسیار تأثیرگذار است. این متغیر به صورت فاصله مرکز شهرستان‌های کشور تا نزدیک‌ترین ایستگاه راه‌آهن در نظر گرفته شد. با توجه به گستردگی شبکه جاده‌ای و اختلاف ناچیز فاصله جاده و هوایی مراکز شهرستان‌ها تا نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی، این فاصله به صورت فاصله هوایی برحسب کیلومتر در نظر گرفته شد.

### • وجود یا عدم وجود ریل در شهرستان مبدأ و مقصد

به دلیل ناتوانی سیستم حمل و نقل ترکیبی در کشور ایران و پیچیدگی حمل کالا به این شیوه برای صاحبان کالا، وجود یا عدم وجود ایستگاه ریلی در مراکز تولید و جذب بار در افزایش تقاضای بار ریلی بسیار تأثیرگذار است. به همین دلیل تمامی



شکل ۳. شهرستان‌های دارای ایستگاه ریلی در کشور

جدول ۳. مهمترین متغیرهای همبسته با سهم حمل بار کانتینری ریلی

سهم حمل بار کانتینری ریلی		متغیرها	سهم حمل بار کانتینری ریلی		متغیرها
ضریب همبستگی	سطح معناداری		ضریب همبستگی	سطح معناداری	
۰,۰۰۰	۰,۴۷۹***	بار انبوه بالای ۱۰ هزار	۰,۰۰۰	۰,۱۶۳**	مسافت جاده‌ای
۰,۰۰۵	-۰,۱۲۴**	دسترسی ریلی در مبدأ	۰,۰۰۰	-۰,۰۹۱**	هزینه حمل ریلی
۰,۰۰۰	-۰,۱۱۶**	دسترسی ریلی در مقصد	۰,۰۰۰	-۰,۷۰۱**	هزینه تخلیه ریل
۰,۰۰۰	۰,۳۷**	زمان حمل جاده‌ای	۰,۰۰۳	۰,۲۲۳**	بندر بودن مبدأ حرکت
۰,۰۰۴	-۰,۳۲۹***	زمان حمل ریلی	۰,۰۰۵	۰,۱۷۸**	بندر بودن مقصد حرکت
۰,۰۰۰	-۰,۴۱۲**	هزینه کل ریلی به جاده‌ای	۰,۰۰۰	۰,۴۵۶***	بار انبوه بالای ۵ هزار

ابتدا با استفاده از متغیرهای با همبستگی بالا شروع گردید و در ادامه متغیرهای دیگر نیز به مدل اضافه شدند و در صورت بهبود مدل این روند ادامه یافته و یا در غیراین صورت آن متغیر از مدل حذف شده و سایر متغیرها جهت بررسی اهمیت آن‌ها در مدل، وارد مدل گردیدند. بررسی بهبود مدل با استفاده از آزمون‌های برازندگی توضیح داده شده در هر مرحله بررسی گردید. در نهایت مدل نشان داده شده در جدول ۴ بعد از ۵۳ مرحله مدل سازی، به عنوان بهترین مدل مطلوبیت ریل به جاده حاصل گردید.

بر اساس جدول ۴ مدل مطلوبیت ریل به جاده برای کالاهای کانتینری (U) به صورت رابطه ۴ نشان داده شده است.

$$U_{Rail} = -1.38 + 1.97P_o + 1.58P_d + 0.04L_h + 0.41T_{r1} - 0.13T_{r2} - 2.11C + 3.23A_{od} + 1.29V_{od} \quad (4)$$

در رابطه ۴ متغیرهای بندر بودن مبدأ ( $P_o$ )، بندر بودن مقصد ( $P_d$ )، مبدأ و مقصد فعال ریلی ( $A_{od}$ ) و مبدأ-مقصد پرتردد ( $V_{od}$ ) و بار

بر اساس نتایج همبستگی میان متغیرهای انتخاب سیستم حمل و نقلی کانتینر در کشور ابتدا متغیرهایی که از همبستگی بیشتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار بوده‌اند در اولویت ورود برای ساخت مدل‌های لوجیت قرار گرفت. مدل لوجیت دوگانه دارای ساختار ریاضی نشان داده شده در رابطه ۳ است.

$$P_{Rail} = \frac{e^{U_{Rail}}}{e^{U_{Rail}} + e^{U_{Road}}}$$

در رابطه بالا  $P_{Rail}$ : سهم احتمال انتخاب گزینه ریلی،  $U_{Rail}$ : مطلوبیت گزینه ریلی،  $U_{Road}$ : مطلوبیت گزینه جاده ای است. برای صاحب بار دو گزینه ریلی و جاده ای برای انتخاب وجود دارد، گزینه ریلی برای سهمی از صاحبان بار برگزیده می‌شود که مطلوبیت آن از گزینه جاده ای بیشتر باشد جهت تخمین مدل‌های انتخاب دوگانه از نرم‌افزار NLOGIT، به روش ماکزیمم درست نمایی<sup>۱</sup> استفاده شد. ورود متغیرها به مدل

## مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل .....

در مدل‌های خطی قابل مقایسه است [Colombo et al. 2005]. طبق نتایج جدول ۴، در این مدل همچنین آزمون خطای درست نمایی طبق توزیع مربع کای دو،  $2\chi$  کمتر از ۰,۰۰۵ است که حاکی از صحت آماری مدل برآورد شده است. بر اساس مدل نهایی انتخاب وسیله حمل کانتینر متغیرهای بندر بودن مبدأ، بندر بودن مقصد، بار انبوه بالای ده هزار تن، زمان جاده‌ای با استراحت، زمان ریلی، هزینه کل حمل ریلی به جاده‌ای، مبدأ و مقصد فعال ریلی، مبدأ- مقصد پرتردد متغیرهای تاثیر گذار بر سهم ریلی بارهای کانتینری است. بر اساس ضریب الاستیسیته هر متغیر در مدل نهایی، سه متغیر هزینه کل ریلی به جاده‌ای، زمان ریلی و زمان جاده‌ای از حساسیت بسیار بالاتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار هستند. از جمله مشکلات سیستم ریلی که باعث تمایل صاحبان کالاهای کانتینری به جابه جایی کالا با شیوه جاده گردیده است، می توان به دو برابر بودن هزینه‌های حمل یک کانتینر در راه آهن نسبت به جاده برای صاحبان کالا اشاره کرد. نرخ تعرفه در راه آهن نیز به جای تن- کیلومتر، واگن-کیلومتر است که هزینه‌های حمل کانتینر را برای صاحبان کالا توسط راه آهن افزایش داده است. این متغیر در مدل نهایی هم با حساسیت بالا وجود دارد که صحت این مطلب را به خوبی نشان می دهد

انبوه بالای ۱۰۰۰۰ تن ( $L_h$ ) متغیرهای ساختگی به صورت صفر و یک هستند. برای ارزیابی مدل لجیت معمولاً آزمون‌های متفاوتی از جمله بررسی منطقی بودن ضرایب مدل، شاخص  $\rho^2$  (شاخص برازش خوبی) و  $\rho_C^2$  (شاخص برازش مک فادن برای مقایسه مدل‌های با سهم بازار مختلف) برای سنجش برازندگی مدل مشابه مدل‌های روندگرایی خطی، آزمون  $t$  به منظور تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای توصیفی مدل در سطوح اطمینان مختلف و آزمون مربع کای دو جهت ارزیابی برازندگی مجموعه‌ی متغیرها در مدل استفاده می شود [Ort-Áoza Willumsen, 2011] and در ایران نیز مطالعات متعددی بر اساس روش‌های اعتباری سنجی معرفی شده انجام شده است [Askari et al. 2016, Habibian and Kermanshah, 2012, Mamdoohi and Baghestani, 2013, Mamdoohi et al. 2015] از میان متغیرهای مدل تنها با افزایش ۲ متغیر زمان سفر ریلی و هزینه ریل به جاده، انتظار کاهش مطلوبیت ریل به جاده را می توان داشت. در مدل نهایی این دو متغیر با ضریب منفی ظاهر شده‌اند و از نظر منطقی مورد قبول هستند. در مدل نهایی مقدار شاخص برازش خوبی  $\rho^2$  برابر ۰,۴۴۸ و  $\rho_C^2$  برابر ۰,۲۹۷ است. مطالعات گذشته نشان دادند شاخص خوبی برازش بین ۰,۲ تا ۰,۴ نشان دهنده یک برازش کامل است [Train, 2009] Hensher et al. 2005، بطوریکه این مقادیر با اعداد ۰,۷ تا ۰,۹

جدول ۴. متغیرها و ویژگی‌های مدل نهایی انتخاب وسیله کانتینر بر اساس روش ماکزیمم درست نمایی

نام متغیر	ضریب	آماره $t$	درصد خطا	اثر حاشیه‌ای	الاستیسیته
عدد ثابت	-۱,۳۸۳***	-۲,۲۱	۰,۰۲۷۴	-	-
بندر بودن مبدأ ( $P_0$ )	۱,۹۶۷۳***	۵,۰۱	۰	۰,۰۰۵۱	۰,۵۳۹۸
بندر بودن مقصد ( $P_d$ )	۱,۵۷۷۴***	۳,۳	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۳۲۹۸
بار انبوه بالای ۱۰۰۰۰ تن ( $L_h$ )	۰,۰۳۹۲***	۶,۰۲	۰	۰,۰۰۰۰۱	۰,۰۵۹۴
زمان جاده‌ای با استراحت ( $T_{r1}$ )	۰,۴۱***	۸,۲۵	۰	۰,۰۰۰۱۳	۵,۲۹۶
زمان ریلی ( $T_{r2}$ )	-۰,۱۲۶***	-۷,۴۷	۰	-۰,۰۰۰۰۴	-۶,۹۷۳۵
هزینه کل ریلی به جاده ( $C$ )	-۲,۱۰۵***	-۵,۴۹	۰	-۰,۰۰۰۶۴	-۵,۵۵۹۹
مبدأ و مقصد فعال ریلی ( $A_{od}$ )	۳,۲۳۳۷***	۹,۵۲	۰	۰,۰۰۶۸	۰,۵۶۱۷
مبدأ- مقصد پرتردد ( $V_{od}$ )	۱,۲۸۷۳**	۲,۳۲	۰,۰۲۰۶	۰,۰۰۰۷۹	۰,۰۲۸۷

تعداد مشاهدات: ۵۲۷۶

$$LL(\beta) = -۱۷۷,۸$$

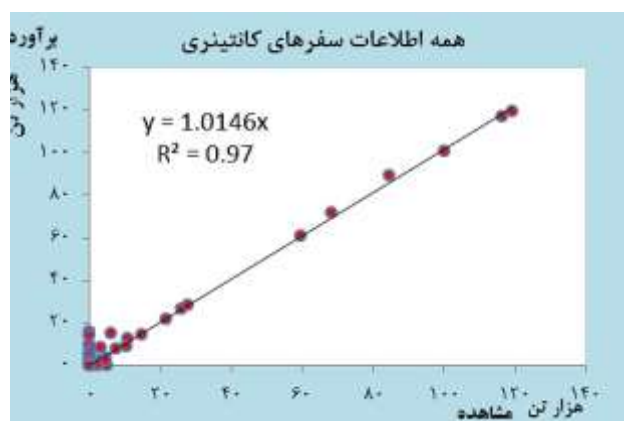
$$LL(c) = -۲۵۲,۹ \quad LL(0) = -۳۲۲,۲$$

نام متغیر	ضریب	آماره t	درصد خطا	اثر حاشیه‌ای	الاستیسیته
	$\rho_0^2 = 0,448$				
	$\rho_C^2 = 0,297$				
	درصد خطا $> 0,005$ و $X^2 = 288.85$				

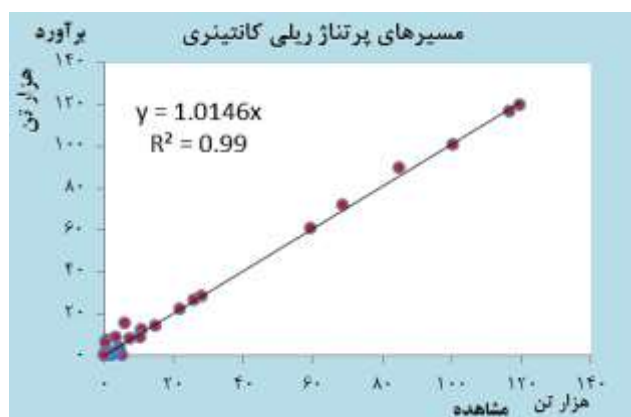
$$P_{rail} = \frac{1}{1 + e^{-U}} \quad (5)$$

در شکل ۴ مقایسه تناژ واقعی با تناژ تخمین زده شده توسط مدل برای همه اطلاعات سفر و در شکل ۵ برای مسیرهای پر تناژ ریلی انجام شده است که از میان ۵۲۷۸ ردیف اطلاعات مبدأ-مقصد کانتینرهای کشور تنها ۴۳ مبدأ-مقصد دارای تناژ ریلی هستند. در این نمودارها تناژ واقعی بر روی محور افقی و تناژ پیش‌بینی شده ریلی توسط مدل بر روی محور قائم قرار داده شده‌اند. در صورت نزدیک بودن خط برازش داده‌شده بر روی نقاط این نمودار به خط  $Y=X$  مدل توانسته است واقعیت را به خوبی مدل کند و برای پیش‌بینی آینده می‌توان از آن استفاده نمود.

. علامت منفی متغیر زمان سفر ریلی گواه یکی دیگر از مشکلات راه‌آهن در بالا بودن زمان حمل کانتینر در شبکه ریلی است. هرچه زمان سفر ریلی افزایش یابد مطلوبیت ریل کاهش پیدا خواهد کرد. متغیرهای دیگر مانند بندر بودن مبدأ یا مقصد سفر نیز باعث افزایش مطلوبیت راه‌آهن می‌شوند و در مدل نهایی هم خود را نشان داده است. با استفاده از مدل لجوجیت دوگانه مقدار تخمین زده شده برای سهم کانتینری ریلی بر اساس مدل مطلوبیت ریل به جاده (رابطه ۴) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد. در این رابطه  $P_{rail}$  سهم راه‌آهن از مجموع تناژ (ریلی+جاده‌ای) در هر مبدأ-مقصد است. تناژ تخمین زده شده توسط مدل برای هر مبدأ-مقصد از حاصلضرب سهم راه‌آهن در مجموع تناژ هر مبدأ-مقصد محاسبه می‌گردد.



شکل ۴. مقایسه تناژ واقعی و برآورد شده ریلی برای کلیه مبدأ مقصد ها



شکل ۵. مقایسه تناژ واقعی و برآورد شده ریلی برای مبدأ مقصدهای ریلی

## مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل .....

واژه بار انبوه بالای ده تن برای این کالاها سهم راه آهن در حمل این کالاها افزایش می‌یابد. این نتیجه‌گیری بارها در مصاحبه‌های انجام شده با شرکت‌های حمل بار بیان شده بود. به همین دلیل یکی از سؤالات اساسی شرکت‌ها از صاحبان کالا میزان تناژ کالای آن‌ها است.

### ۶. سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات راه آهن جمهوری اسلامی ایران برای ارائه اطلاعات و همکاری در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

### ۷. مراجع

- پژوهشکده حمل و نقل. دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۹۳) "گزارش تحلیل تقاضای حمل و نقل بار و ظرفیت محورهای اصلی شبکه راه آهن کشور، مرحله اول"، پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن.
- حبیبیان، م. و کرمانشاه، م. (۱۳۹۱) " بررسی سهم سیاست‌های مدیریتی حملونقل بر انتخاب طریقه های جایگزین سواری شخصی در سفرهای کاری روزانه"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال سوم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۸۱-۱۹۸
- عسگری طورزنی، ع. و حبیبیان، م. (۱۳۹۵) "شناسایی سیاست‌های موثر بر سیستم اشتراک دوچرخه در شهر تهران"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال هفتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۵، ص. ۶۳-۸۰
- ممدوحی، الف. و باغستانی، الف. (۱۳۹۲) " تحلیل سطوح مختلف انتقالپذیری مدل‌های انتخاب وسیله (نمونه موردی: سفرهای با هدف خرید)"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال پنجم، شماره اول، پائیز ۱۳۹۲، ص. ۸۵-۹۴
- ممدوحی، الف.، مهدی زاده، م. و فلاح زواره، م. (۱۳۹۴) " یک مدل تصمیم والدین برای شیوه سفر

شکل ۴ نشان می‌دهد که برای همه مبادی مقاصد شیب خط برازش  $Y=1.0146X$  بسیار نزدیک به خط نیمساز است و شاخص برازش ( $R^2$ ) آن ۰,۹۷ است که حاکی از قدرت برآورد مدل از واقعیت است.

شکل ۵ نشان می‌دهد که پیش بینی مدل فقط برای مبدا مقصدهای با تناژ ریلی بسیار نزدیک به واقعیت بوده به طوری که شاخص برازش خط ( $R^2$ )، ۰,۹۹ است. یکی از دلایل بالا بودن شاخص های برازش به همفزون بودن مدل لو جیت ساخته شده برمی گردد که دلیل استفاده از مدل همفزون همانگونه که در بخش مقدمه توضیح داده شد به نوع اطلاعات در دسترس این پژوهش بر می گردد.

### ۵- نتیجه گیری

در این پژوهش با معرفی مهمترین متغیرهای تاثیر گذار در سهم حمل و نقل کانتینری در ریل و جاده به مدد سازی انتخاب وسیله کانتینر پرداخته شد. به منظور شناسایی تمامی هزینه های صاحبان کالا و مدد کردن آن به عنوان یکی از متغیرها در مراحل مدل سازی، کلیه هزینه های لجستیکی حمل کانتینر از جمله هزینه های تخلیه و بارگیری، هزینه برگشت کانتینر خالی، هزینه دموراژ و هزینه های مخصوص ترانزیت داخلی در نظر گرفته شد. بر اساس مدل نهایی انتخاب وسیله حمل کانتینر متغیرهای بندر بودن مبدأ، بندر بودن مقصد، بار انبوه بالای ده هزار تن، زمان جاده ای با استراحت، زمان ریلی، هزینه کل ریلی به جاده، مبدأ و مقصد فعال ریلی، مبدأ- مقصد پرتردد متغیرهای تاثیر گذار بر سهم ریلی بارهای کانتینری هستند. سه متغیر هزینه کل ریلی به جاده ای، زمان ریلی و زمان جاده ای از حساسیت بسیار بالاتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار هستند. متغیرهای دیگر مانند بندر بودن مبدأ یا مقصد سفر نیز باعث افزایش مطلوبیت راه آهن می شوند و در مدل نهایی هم خود را نشان داده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که احداث بنادر خشک در فاصله ای مناسب از بنادر کشور می تواند باعث جذب بارهای ورودی و خروجی از بنادر گردد و با ارتباط ریلی مناسب بنادر خشک با بنادر کشور، تقاضای کانتینری ریلی افزایش پیدا خواهد کرد. در صورت افزایش بارهای صاحبان کالا و انتخاب

- Morgul, E. F., Ozbay, K., Iyer, S. and Holguin-Veras, J. (2013) "Commercial vehicle travel time estimation in urban networks using GPS data from multiple sources", In 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Rangaraj, N. (2003) "An analysis of operations, mode choice, pricing and network economics of container movement", Publishing House Pvt.Ltd., pp.687-698.
- Ravibabu, M. (2013),"A nested logit model of mode choice for inland movement of export shipments: A case study of containerised export cargo from India." Research in Transportation Economics Vol. 38, pp.91-100.1.
- Shen, G. and Wang, J. (2012) "A freight mode choice analysis using a binary logit model and GIS: The case of cereal grains transportation in the United States", Journal of Transportation Technologies, Vol.2, No. 02, pp.175.
- Shi, Y., Fang, X. and Chen, Z. (2012) "Price analysis of railway freight transport under marketing mechanism", Physics Procedia, Vol. 25, pp.2038-2044.
- Shinghal, N. and Fowkes, T. (2002) "Freight mode choice and adaptive stated preferences", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 38, No. 5, pp.367-378.
- Train, K. (2009), "Discrete Choice Methods with Simulation", Cambridge University Press, Second edition.
- UNCTAD (2012) "Review of maritime transport", source: United Nations Conference on Trade and Development, 04 Dec 2012, 196 page(s), Website: [www.unctad.org](http://www.unctad.org)
- تحصیلی کودکان دبستانی"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال هفتم، شماره اول، پائیز ۱۳۹۴، ص. ۱۶۷-۱۷۸
- مهدوی، ع. (۱۳۹۳) "بررسی عوامل موثر بر افزایش تقاضای بار در حمل و نقل ریلی نسبت به جاده ای با برآورد مدل انتخاب طریقه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان
- Colombo, S. H.-R. (2005) "Designing policy for reducing the off-farm", Journal of Agricultural Economics, Vol. 56, No. 1, pp. 81-95.
- Cullinane, K. and Toy, N. (2000) "Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 36, No. 1, pp. 41-53.
- OrtÁozar J. D., & Willumsen, L. G. (2011). "Modelling transport", John Wiley & Sons.
- Degerland, J. (2011) "Containerisation International Year Book", source: Baird Maritime, April, 2011. Website: [www.informacargo.com/ciyb](http://www.informacargo.com/ciyb)
- Fries, N., Nash, A., Wichser, J., Abay, G., Moreni, G. and Ag, R. T. (2008) "Modal split functions for a Swiss national freight transport model", European Transport Conference 2008; Proceedings (pp. 17p-17p).
- Fowkes, A. S., Nash, C. A. and Twedle, G. (1991) "Investigating the market for intermodal freight technologies", Transportation Research A, Vol. 25, No. 4, pp.161-172.
- Hensher, D. A., Rose, J. M. and Greene, W. H. (2005) "Applied choice analysis", Cambridge University Press.
- Kanafani, A. (1983) "Transportation Demand Analysis", Mc Graw-Hill Book Company, New York

-Winston, C. M. (1981b) "A multinomial model for prediction of the demand for domestic ocean container service", Journal of Transport Economics and Policy, Vol.15, pp.243-252.

-Vieira, L. F. M. (1992) "The value of service in freight transportation", PhD Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. USA: MIT Libraries.

## سید سینا مهری، حسین حق شناس

حسین حق شناس، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی شریف و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه ریزی حمل و نقل را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه صنعتی شریف اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته برنامه ریزی حمل و نقل از دانشگاه صنعتی شریف گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، تقاضا در حمل و نقل و ایمنی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه صنعتی اصفهان است.



سید سینا مهری، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در گرایش برنامه ریزی حمل و نقل را در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، حمل و نقل بار و بهینه سازی حمل و نقل است.

