

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی

و جاده‌ای

علی توکلی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
حسین حق شناس (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده مهندسی حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

E-mail: ho_hagh@iut.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱

دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳

چکیده

قابلیت اطمینان به زمان سفر متغیر مهمی در انتخاب طریقه ریلی و جاده ای حمل بار است که تحقیقات صورت گرفته در مورد آن در دنیا بیشتر با داده‌های ترجیحات بیان شده بوده است و پژوهشی در حمل و نقل بار با محوریت داده های ترجیحات آشکار شده که متغیرهای قابلیت اطمینان را نیز در نظر گرفته باشد در ایران و جهان انجام نشده است. پژوهش پیش رو در نظر دارد متغیرهای مختلف قابلیت اطمینان مؤثر در انتخاب طریقه حمل بار را که از بارنامه‌های ثبت شده ریل و جاده، در کنار سایر متغیرهای مؤثر در نظر بگیرد. در این مقاله، انتخاب وسیله بین ریل و جاده برای ۱۰ گروه کالا بررسی می‌شود. متغیرهای مختلف قابلیت اطمینان معرفی شده منابع قبلی به علاوه متغیرهای جدید این پژوهش بر اساس اطلاعات زمان سفر ساخته شدند و همبستگی آنها با سهم ریل بررسی شده و متغیرهای با همبستگی بالاتر در مدل لوجیت همفزون وزن دار در کنار دیگر متغیرها مانند زمان سفر، هزینه، انبوه بودن و نوع کالا آزموده می‌شوند. در اکثر گروه‌های کالا، متغیر نسبت محموله‌های به مقصد رسیده در بازه ۱۰٪ کمتر و بیشتر از میانگین زمان سفر (۹۰٪ تا ۱۱۰٪ میانگین زمان سفر) معناداری بیشتری داشته است. گروه کالاهای کانتینری و مواد غذایی به ترتیب بیشترین حساسیت را نسبت به قابلیت اطمینان داشته و ارسال به موقع مرسولات، می‌تواند نقش مؤثری در جذب این بارها از جاده داشته باشد. گروه کالای معدنی حساسیت کمتری نسبت به قابلیت اطمینان زمان سفر دارد و در این گروه متغیرهایی مانند هزینه نقش مهم‌تری در انتخاب وسیله دارند.

کلمات کلیدی: انتخاب وسیله، ترجیحات آشکار شده، حمل بار، ریلی و جاده‌ای، قابلیت اطمینان، مدل لوجیت

۱. مقدمه

سیستم حمل و نقل رقابتی و ایجاد و حمایت از یک سیستم حمل و نقل پایدار کمک کند.

تحقیقات صورت گرفته در این زمینه بیشتر حول داده‌های ترجیحات بیان شده (SP) صورت گرفته و تحقیقات کمتری با محوریت داده‌های ترجیحات آشکار شده (RP) صورت گرفته است که علت عمده‌ی آن در دسترس نبودن یا محرمانه بودن این داده‌ها است [Román et al. 2017]. محرمانه بودن اطلاعات شرکت‌های حمل و نقلی گاهی به حدی است که مانع انجام مصاحبه با آن‌ها می‌شود [Kim et al. 2017].

با توجه به این موارد شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب و مدل‌سازی انتخاب بین دو گونه‌ی ریل و جاده اهمیت دارد. در تحقیقاتی که در ایران با استفاده از داده‌های ترجیحات آشکار شده صورت گرفته است (به‌عنوان یک پژوهش شاخص، پژوهش علی مهدوی [Mahdavi, 1393]) متغیرهای مؤثر بر انتخاب گونه بسیاری از جمله متغیرهای مربوط به هزینه و زمان سفر، دسترسی ریلی، فاصله‌ی حمل و متغیرهای باینری از جمله انبوه بودن بار، سبک بودن بار، باارزش بودن بار، فاسدشدنی بودن بار، اشتعال‌پذیر بودن بار و تشریفات اداری در نظر گرفته شده‌اند. اما متغیر یا دسته‌ای از متغیرها که جای خالی آن‌ها به‌خوبی احساس می‌شود متغیرهای مربوط به قابلیت اطمینان (قابلیت اطمینان زمان سفر) است. در این پژوهش سعی شده است با معرفی متغیرهای مربوط به قابلیت اطمینان و بررسی میزان تأثیرگذاری آن‌ها در افزایش حمل بار با گونه ریلی نسبت به جاده‌ای این نقیصه مرتفع گردد.

با استناد به‌مرور بر منابعی که در قسمت بعدی خواهد آمد، از جمله نوآوری‌های پژوهش حاضر می‌توان به بررسی نقش متغیرهای قابلیت اطمینان در انتخاب وسیله حمل بار با استفاده از داده‌های ترجیحات آشکار شده اشاره کرد که مشابه آن قبل از پژوهش حاضر مشاهده نشده است. در کشور ایران نیز پژوهشی که به بررسی نقش قابلیت اطمینان زمان سفر در انتخاب وسیله‌ی حمل بار پردازد، چه با داده‌های ترجیحات بیان شده و چه فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال سیزدهم / شماره سوم (۵۲) / بهار ۱۴۰۱

انتخاب گونه حمل بار توسط صاحبان کالا، کارگزاران حمل و نقل و ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک³ اهمیت به‌سزایی دارد، چراکه گونه‌های حمل و نقلی مختلف هزینه‌های خارجی متفاوتی به دولت‌ها و کل جامعه وارد می‌کنند. به‌طور مثال گونه‌ی جاده‌ای هزینه‌های بسیار بیشتری نسبت به گونه‌ی ریلی به جامعه تحمیل می‌کند، از جمله مصرف سوخت بالاتر، آلودگی‌های زیست‌محیطی بیشتر و هزینه‌های بیشتر ناشی از تصادفات [Tapia et al. 2019]. از طرف دیگر توزیع نامتوازن بار بین بخش ریلی و جاده‌ای و تمرکز بار، بر روی بخش جاده‌ای باعث ازدحام در جاده‌ها و در نتیجه آن اتلاف وقت مسافران و همچنین افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری راه‌ها و نیاز به تعریض جاده‌های موجود می‌شود [Arencibia et al. 2015]. در مجموع می‌توان گفت گونه ریلی نسبت به گونه جاده‌ای باسیاست‌های توسعه پایدار بسیار متناسب‌تر است.

فرآیند چهار مرحله‌ای از متداول‌ترین روش‌های تحلیل تقاضا و انتخاب وسیله در برنامه‌ریزی حمل و نقل به‌شمار می‌آید. مدل‌های تفکیک سفر، معمولاً به‌عنوان سومین مرحله از این فرآیند سهم هرکدام از وسایل نقلیه را در حمل بار بین یک مبدأ-مقصد، مشخص و اطلاعات موردنیاز برای تخصیص سفر به‌عنوان آخرین مرحله از فرآیند چهار مرحله‌ای را آماده می‌نماید. مرحله‌ی تفکیک سفر، به دلیل دارا بودن متغیرهای سیاست‌پذیر، نقش کلیدی در سیاست‌گذاری حمل و نقل بار ایفا می‌کند [Dios Ortázar 2011]. ساختار مدل‌های انتخاب، از نوع احتمالی است و در آن رفتار تصمیم‌گیرنده و تلاش او در بیشینه‌سازی مطلوبیت ناشی از انتخاب، از طریق روابط ریاضی مدل‌سازی می‌شود [Ben-Akiva 1985].

شناخت جامع از متغیرهای دخیل در انتخاب وسیله و فرآیند تصمیم‌گیری انتخاب وسیله حمل و نقل باری می‌تواند به برنامه‌ریزی و مدیریت زیرساخت‌های حمل و نقل، طراحی

طریقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از دیگر منابعی که در دهه‌ی ۸۰ میلادی به قابلیت اطمینان و تواتر سرویس به‌عنوان پارامترهای تأثیرگذار بر انتخاب طریقه اشاره کرده‌اند می‌توان به ویلسون و همکاران [Wilson et al. 1986] اشاره کرد. یک پژوهش شاخص در این زمینه در دهه‌ی ۹۰ میلادی، پژوهش هیلز و همکاران [Jeffs and Hills 1990] بود که پارامترهای مؤثر بر قابلیت اطمینان را به ۶ گروه نیازهای مشتری، ویژگی‌های محصول، ساختار شرکت، دولت، امکانات حمل و نقلی موجود و تصمیم‌گیرنده تقسیم کرد که قابلیت اطمینان در گروه نیازهای مشتری جای داشت.

سید و رضوی [Sayed and Razavi 2000] قابلیت اطمینان را به‌عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار در نظر گرفته‌اند و از مدل‌های نوروفازی برای مدل کردن انتخاب طریقه استفاده کرده‌اند. منابع کیم و همکاران [KIM 2002] و همچنین شینگال و فوکس [Shinghal and Fowkes 2002] جزو اولین پژوهش‌هایی هستند که ارزش قابلیت اطمینان را محاسبه کرده‌اند که در منبع دوم ارزش قابلیت اطمینان کمتر از مقدار مورد انتظار برآورد شده است. پژوهش فریس [Fries et al. 2008] مانند دیگر پژوهش‌های بررسی‌شده از روش ترجیحات بیان‌شده [SP] برای تعیین پارامترهای دخیل در انتخاب طریقه استفاده می‌کند و به این نتیجه می‌رسد که هزینه و قابلیت اطمینان زمان سفر همبستگی بیشتری با سهم طریقه‌ها نسبت به زمان سفر دارند. بیوت و بوفیوکس در پژوهش خود [Beuthe and Bouffieux 2008] اهمیت نسبی و ارزش عوامل کیفی از جمله فرکانس سرویس‌دهی، زمان سفر، قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری حمل‌کننده‌ی کالا و ایمنی را موردبررسی قرار داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که این متغیرها نقش به‌سزایی در انتخاب طریقه بازی می‌کنند و اهمیت نسبی آن‌ها در زیرگروه‌های مختلف متفاوت است.

فیو و همکاران [Feo et al. 2011] در بررسی رقابت بین طریقه‌ی جاده‌ای و حمل دریایی در مسافت کوتاه بین اسپانیا و

داده‌های ترجیحات آشکارشده مشاهده نشده است. همچنین در این پژوهش ساخت مدل‌ها به تفکیک ۱۰ گروه کالا انجام شده است و تعداد زیادی از متغیرهای قابلیت اطمینان ساخته و امتحان شده‌اند و متغیرهای معنادار شده در مدل لوجیت بررسی شده‌اند. هدف از این پژوهش بررسی نقش قابلیت اطمینان زمان سفر در انتخاب وسیله حمل بار در کنار سایر متغیرها است. در ابتدا به مروری بر مطالعات گذشته صورت گرفته در ایران و جهان پرداخته می‌شود، بعدازآن در قسمت روش پژوهش به معرفی متغیرها و مدل ریاضی استفاده‌شده پرداخته می‌شود. پس‌ازآن در قسمت بحث و نتایج متغیرهای قابلیت اطمینان معنادار شده و مدل لوجیت نهایی به تفکیک گروه کالاها آورده می‌شود و نهایتاً در قسمت نتیجه‌گیری، نتایج کلی استخراج‌شده از این پژوهش بیان شده است.

۲. مرور بر منابع

در مورد مفهوم قابلیت اطمینان یا به عبارت صحیح‌تر قابلیت اطمینان زمان سفر باید گفت این مفهوم در بحث حمل بار به معنای سروقت رسیدن محموله‌ها به مقصد است، به‌طوری‌که در اکثر منابع متغیری که برای نشان دادن این مفهوم به‌کاررفته است درصد محموله‌های سروقت رسیده یا احتمال سروقت رسیدن محموله‌ها یا در برخی منابع درصد محموله‌هایی که در بازه‌ی خاصی از زمان برنامه‌ریزی‌شده به مقصد رسیده‌اند، است [Fries et al. 2008] و [Duan et al. 2017] و [Norojono and Young 2003].

تحقیقات پیرامون انتخاب طریقه در حمل بار با بررسی متغیرهای ساده‌ای از جمله هزینه و زمان سفر آغاز شد. جزو اولین منابعی که به قابلیت اطمینان به‌عنوان یک متغیر تأثیرگذار بر انتخاب طریقه اشاره کرده‌است، می‌توان به پژوهش اوم و همکاران [Oum 1979] اشاره کرد؛ یکی از نتیجه‌گیری‌های پژوهش اوم به این صورت است که ویژگی‌های کیفی سرویس‌دهی از جمله قابلیت اطمینان صرفاً برای کالاهای باارزش نسبتاً زیاد انتخاب

جاده‌ای در مسافت کوتاه به‌عنوان بخشی که مغفول مانده است می‌پردازد.

پژوهش ژانگ و همکاران [Zhang et al. 2016] با در نظر گرفتن ۵ عامل زمان سفر، هزینه، راحتی، ایمنی و قابلیت اطمینان به‌عنوان عوامل اساسی تأثیرگذار بر انتخاب طریقه، به مدل‌سازی انتخاب طریقه با در نظر گرفتن اولویت حمل‌کنندگان کالا و محدودیت ظرفیت برای گروه کالاهای مختلف پرداخته است. لاراناگا و همکاران در پژوهش خود [Larranaga et al. 2017] با بررسی رقابت طریقه‌های بین طریقه‌ای و طریقه‌ی جاده‌ای در یکی از ایالت‌های برزیل به این نتیجه می‌رسند که سرمایه‌گذاری برای افزایش قابلیت اطمینان طریقه‌های بین طریقه‌ای تأثیر بیشتری در افزایش استفاده از این طریقه‌ها نسبت به کاهش هزینه‌ی آن‌ها دارد.

پژوهش دوان و همکاران [Duan et al. 2017] با بررسی تأثیر ۵ متغیر هزینه، زمان، فرکانس سرویس‌دهی، قابلیت اطمینان و ایمنی در انتخاب طریقه به این نتیجه می‌رسد که متغیرهای مربوط به کیفیت حمل بار تأثیر بیشتری نسبت به هزینه حمل بار دارند. ژانگ در پژوهش خود [Zhang et al. 2018] روشی برای تبدیل منافع به‌دست‌آمده از افزایش قابلیت اطمینان از سطح لینک به سطح شبکه ارائه می‌دهد و به این نتیجه می‌رسد که منافع به‌دست‌آمده از افزایش قابلیت اطمینان در سطح شبکه بسیار بالا است. کوو و نیل در پژوهش خود [Neal and Koo 2020] به بررسی رقابت ۳ طریقه‌ی جاده، ریل و حمل هوایی در استرالیا پرداخته و حساسیت آن‌ها را نسبت به هزینه، زمان سفر، قابلیت اطمینان و تواتر سرویس بررسی می‌کند. پژوهش دوان و همکاران [Duan et al. 2019] به بررسی طراحی شبکه‌ی سرویس با در نظر گرفتن ارزش زمان سفر و ارزش قابلیت اطمینان می‌پردازد.

در بین مقالات فارسی سرکاری و همکاران [Sarkari, 1392] به مطالعه‌ی تأثیر اجزای سامانه‌ی اتوبوس‌های تندرو [BRT] بر روی معیارهای سنجش کیفیت حمل‌ونقل عمومی از جمله قابلیت فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل / سال سیزدهم / شماره سوم (۵۲) / بهار ۱۴۰۱

بقیه‌ی اروپا، ۴ پارامتر زمان سفر، هزینه‌ی سفر، قابلیت اطمینان و فرکانس سرویس را در نظر گرفته‌اند و سناریوهای پیشنهادی برای این پارامترها را در مقابل وضعیت موجود در پرسشنامه گنجانده‌اند. یک پژوهش شاخص در زمینه‌ی قابلیت اطمینان، پژوهش بروکس و همکاران [Brooks et al. 2012] است که به بررسی رقابت طریقه‌ی دریایی و زمینی در ۳ کریدور در استرالیا می‌پردازد، در این مقاله ۲ شاخص از قابلیت اطمینان معرفی شده است: یکی بازه‌ی زمانی تحویل کالا که درصد کالاهای رسیده در بازه‌ی ۳ ساعته از زمان برنامه‌ریزی شده است و دیگری تأخیر تحویل کالا که درصد کالاهایی که بیشتر از ۲۴ ساعت تأخیر دارند را مشخص می‌کند. لازم به ذکر است برخی شاخص‌های قابلیت اطمینان استفاده‌شده در پژوهش پیش رو از این دو شاخص الهام گرفته شده است.

قابلیت اطمینان در بحث مسافر هم بررسی شده است. برای نمونه پژوهش هنشر و همکاران [Li et al. 2010] به‌عنوان یک مقاله‌ی مروری به بررسی قالب‌های مدل‌سازی و نمونه‌های اندازه‌گیری تجربی برای به دست آوردن تمایل به پرداخت برای بهبود قابلیت اطمینان زمان سفر در بحث مسافر می‌پردازد. از بین تحقیقاتی که به رقابت دو طریقه‌ی جاده‌ای و ریلی پرداخته‌اند می‌توان به پژوهش نوروجونو و یانگ [Norojono and Young 2003] اشاره کرد که ۳ عامل ایمنی، قابلیت اطمینان و پاسخگویی را به‌عنوان عوامل اصلی انتخاب طریقه حمل بار بین ریل و جاده ذکر می‌کند.

پژوهش دولارت و زامپرانی [Dullaert and Zamparini 2013] فهرستی از مقالاتی که ارزش قابلیت اطمینان را محاسبه کرده‌اند آورده است و سعی می‌کند علتی برای مقادیر متفاوت ارزش قابلیت اطمینان در مقالات مختلف بیابد. ریس [Reis 2014] در پژوهش خود با در نظر گرفتن عوامل قیمت، زمان سفر، قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری به‌عنوان عوامل اساسی در انتخاب طریقه، به بررسی رقابت گونه‌ی بین طریقه‌ای و گونه‌ی

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

سامانه‌ی اتوبوس‌رانی شهر اصفهان پرداخته‌است، و برای این منظور از شاخص‌های بسیاری از جمله شاخص‌های قابلیت اعتماد و شاخص‌های زمان سفر استفاده کرده‌است.

در بین مطالعات داخلی یک پژوهش شاخص در زمینه‌ی انتخاب طریقه‌ی حمل بار بین ریل و جاده، پژوهش علی مهدوی [Mahdavi, 1393] است؛ که باهدف شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش تقاضای بار در حمل و نقل ریلی نسبت به جاده‌ای با برآورد مدل انتخاب طریقه صورت پذیرفته است. در این پژوهش عوامل مؤثر بر انتخاب یک شیوه در حمل بار با مرور بر مطالعات معتبر داخلی و خارجی و انجام مصاحبه‌هایی گسترده با صاحبان کالا، شرکت‌های حمل بار و کارشناسان شناسایی گردیده‌است. با گردآوری اطلاعات بارنامه‌ای از راه‌آهن و سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای به آماده‌سازی متغیرها پرداخته شده‌است. کالاهای در گروه‌های کشاورزی، محصولات فولادی، معدنی، نفتی، ساختمانی و خرده بار طبقه‌بندی شده‌اند. مدل انتخاب وسیله بین دو شیوه‌ی ریلی و جاده‌ای با استفاده از مدل لوجیت دوگانه‌ی وزن‌دار به تفکیک گروه کالاها تخمین زده شده‌است. متغیرهای هزینه‌ی حمل، زمان سفر، میزان دسترسی به ریل، انبوه بودن بار، سبک بودن کالا و غیره به‌عنوان متغیرهای مؤثر شناسایی شده‌اند [Mahdavi, 1393].

در جدول ۱ تعدادی از مقالات بحث شده و متغیر قابلیت اطمینان استفاده شده در آن‌ها آورده شده‌اند.

اطمینان و زمان سفر پرداخته است. جمعه پور و نصیری [نصیری ۱۳۹۳] در پژوهش خود به محاسبه‌ی ارزش اقتصادی قابلیت اطمینان زمان سفر پرداخته‌اند. خانلو و همکاران [Khanlu, 1396] در پژوهش خود با تحلیل قابلیت اطمینان زمان سفر در راه‌های برون‌شهری به مطالعه موردی محور تهران-آمل پرداخته‌اند. در پژوهشی دیگر مجتبی رجبی و همکاران [Rajabi, 1397] به تحلیل قابلیت اطمینان زمان سفر خطوط اتوبوس با استفاده از داده‌های سیستم موقعیت‌یاب جهانی پرداخته‌اند. آقایی و همکاران [Aghaei, 1395] در پژوهش خود به مدل‌سازی قابلیت اطمینان زمان سفر شبکه در بزرگراه‌ها پرداخته‌اند. یوسف شفاهی و نازنین صادقی [Sadeghi, 1383] در پژوهش خود به شبیه‌سازی یک مدل برای برنامه‌ی زمان‌بندی حرکت قطارها در محور تهران-مشهد باهدف افزایش قابلیت اطمینان برنامه زمان‌بندی پرداخته‌اند. روزبه دلیر [Dalir, 1390] در پژوهش خود به بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر بر انتخاب مسیر سفر پرداخته است. صمیمی و همکاران [Samimi, 1392] نیز در پژوهش خود به تحلیل ناهم‌فزون رفتار انتخاب وسیله در جابجایی کالا به وسیله کامیون و قطار پرداخته‌اند. در این پژوهش با تقسیم کالاها به ۴ نوع از مدل لوجیت دوگانه استفاده شده است. متغیرهای مدل شامل هزینه، وزن، فاصله و دسترسی به ایستگاه راه‌آهن است. سلیمی [Salimi, 1397] در پژوهش خود به بررسی قابلیت اطمینان

جدول ۱. متغیرهای قابلیت اطمینان معرفی شده در پژوهش‌های پیشین

پژوهش‌ها	متغیر استفاده شده
Freis et al. 2008, Beuthe and Bouffloux 2008, Feo et al. 2011, Shinghal and Fowkes 2001	درصد محموله‌های سروقت رسیده یا رسیده در زمان برنامه‌ریزی شده یا درصدی از محموله‌ها که شرایط اولیه قیدشده را برآورده می‌کنند
Duan et al. 2017	احتمال سروقت رسیدن محموله‌ها در سرویس حمل بار
Wilson et al. 1986	درصدی از زمان‌ها که محموله‌ها به موقع یا زودتر از موعد به مقصد رسیده‌اند
Larranaga et al. 2017	درصد محموله‌های سروقت رسیده و درصد محموله‌هایی که بیشتر از ۲ روز تأخیر داشتند
Brooks et al. 2012	درصد محموله‌های رسیده در بازه ۳ ساعت از زمان برنامه‌ریزی شده و درصد محموله‌هایی که بیشتر از ۲۴ ساعت تأخیر داشته‌اند

متغیر استفاده شده	پژوهش‌ها
درصد محموله‌های رسیده در بازه ۳ ساعته از زمان برنامه‌ریزی شده برای یک کریدور و ۶ ساعته برای کریدور دیگر	Koo and Neal 2019
تقسیم‌بندی محموله‌ها به ۴ دسته‌ی سروقت، با ۱ ساعت تأخیر، با ۲ ساعت تأخیر، با ۳ ساعت یا بیشتر تأخیر	Norojono and Young 2002

مشتری و یا حتی ایستگاه وجود نداشت. در مرحله‌ی بعد داده‌ها روی زوج مبدأ-مقصد‌ها نیز هم فزون شدند. منظور از هم فزون کردن داده‌ها روی مبدأ-مقصد این است که به‌طور مثال اگر در سال ۱۳۹۶ چندین رکورد بارنامه (مثلاً ۱۰۰ رکورد) برای یک زوج مبدأ-مقصد (به‌طور مثال بندرعباس-تهران) وجود دارد، تمامی آن‌ها هم فزون شده و برای یک زوج مبدأ-مقصد به‌عنوان یک رکورد در مدل‌سازی در نظر گرفته می‌شود. تمرکز این پژوهش بر متغیرهای مربوط به قابلیت اطمینان ساخته شده براساس بارنامه‌ها است اما درعین حال متغیرهای دیگری نیز در کنار این متغیرها دیده شده است. لازم به ذکر است متغیرهای دیگری که در این مقاله به آن‌ها اشاره شده است مشابه با متغیرهایی است که در پایان‌نامه آقای علی مهدوی [Mahdavi, 1393] استفاده شده‌اند. (متغیرهایی مشابه با متغیرهای پژوهش مهدوی در پژوهش حاضر نیز استفاده شده‌اند). در ادامه متغیرهای قابلیت اطمینان و متغیرهای دیگر در ۲ جدول مجزا معرفی می‌شوند. ابتدا در جدول ۲ به معرفی متغیرهای قابلیت اطمینان استفاده شده در پژوهش حاضر می‌پردازیم.

از بین متغیرهای مربوط به قابلیت اطمینان، متغیرهای بازه‌ی ساعتی و بیشتر ساعتی از مقاله‌ی بروکس و همکاران [Brooks et al. 2012] الهام گرفته شده است، اما متغیرهای بازه و بیشتر درصدی و متغیر روانی [Fluid] متناسب با نیاز پژوهش حاضر و با توجه به اینکه زمان سفر بین مبدأ-مقصد‌ها دارای مقادیر مختلف و دور از یکدیگر بود انتخاب شده‌اند. این دو متغیر (بازه و بیشتر) از لحاظ تعریف تا حدودی به یکدیگر شباهت دارند، اما باید توجه داشت که متغیرهای بازه درصد محموله‌های رسیده فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل / سال سیزدهم / شماره سوم (۵۲) / بهار ۱۴۰۱

از مرور بر منابع چنین برمی‌آید که بررسی قابلیت اطمینان زمان سفر در بحث انتخاب طریقه‌ی حمل بار در جهان غالباً با استفاده از مصاحبه‌ها یا همان داده‌های ترجیحات بیان شده صورت گرفته است و تقریباً هیچ پژوهشی در این زمینه با استفاده از داده‌های ترجیحات آشکار شده صورت نگرفته است. در ایران نیز تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی قابلیت اطمینان عمدتاً حول بحث مسافر انجام شده و در زمینه‌ی بار پژوهشی صورت پذیرفته است. در پژوهش حاضر با ساختن متغیرهای قابلیت اطمینان متعدد، میزان همبستگی آن‌ها با سهم ریل بررسی شده و به ترتیب میزان همبستگی وارد مدل لجیت شده‌اند تا بهترین مدل برازش یابد.

۳. روش پژوهش

در ابتدا لازم به ذکر است در این مقاله از داده‌های بارنامه‌های ثبت‌شده‌ی ریلی و جاده‌ای توسط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و سازمان راه‌داری و حمل‌ونقل جاده‌ای در سال ۹۶ استفاده شده است، لذا نوع داده‌ها ترجیحات آشکار شده (RP) ² است. مقصود از داده‌های ترجیحات آشکار شده، داده‌هایی است که به‌طور مستقیم از داده‌های ثبت‌شده قبلی که رفتار انتخاب وسیله‌ی انتخاب‌کنندگان را نشان می‌دهد (در اینجا بارنامه‌های سال ۱۳۹۶) برداشت می‌شود؛ این نوع از داده‌ها در مقابل داده‌های ترجیحات بیان شده (که از طریق مصاحبه با انتخاب‌کنندگان گونه‌ی حمل، به شناسایی رفتار آن‌ها می‌پردازد) قرار می‌گیرد. در مورد نوع داده‌ها همچنین باید گفت داده‌ها از ابتدا روی شهرستان هم‌فزون شده بودند و داده‌ها به تفکیک

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

خرده‌فروشی‌ها لازم است؛ درحالی‌که قابلیت اطمینانی که متغیرهای بیشتر بر آن دلالت می‌کنند در واقع نوعی از قابلیت اطمینان است که برای حداقل کردن زمان انبارداری موقت (buffer stock) به‌منظور کاهش هزینه‌های حمل-انبارداری نیاز است. درنهایت ۳ متغیر CVTT، PTI و RBI نیز از مباحث حمل و نقل همگانی در بحث مسافر الهام گرفته شده و امتحان شده‌اند [Salimi, 1397].

در یک بازه‌ی کوچک حول میانگین زمان سفر را نظر می‌گیرند، درحالی‌که متغیرهای بیشتر محموله‌هایی با تأخیر بسیار زیاد و اصطلاحاً پرت را لحاظ می‌کنند. در مورد علت لحاظ هر دو این متغیرها در کنار یکدیگر می‌توان گفت جنس قابلیت اطمینانی که این دو متغیر لحاظ می‌کنند قدری با یکدیگر متفاوت است. قابلیت اطمینانی که متغیرهای بازه بر آن دلالت می‌کنند در واقع قابلیت اطمینانی است که برای ورود مواد اولیه فرایند تولید و

جدول ۲. متغیرهای قابلیت اطمینان

منبع	توضیحات	نام متغیر	نمایش متغیر
تعریف شده در پژوهش حاضر	برای متغیر بازه ۱۰۲٪ تعریف متغیر عبارت است از نسبت محموله‌هایی که بین ۹۸٪ تا ۱۰۲٪ میانگین زمان سفر به مقصد رسیده‌اند به کل محموله‌ها و به همین روش برای سایر متغیرها	بازه‌ی ۱۰۲٪ تا بازه‌ی ۱۵۰٪	PAN-102,105,110, 120,130,140,150
Brooks et al. 2012	برای متغیر بازه ۲ ساعته عبارت است از نسبت محموله‌هایی که در بازه ۲ ساعت کمتر یا بیشتر نسبت به میانگین زمان سفر به مقصد رسیده‌اند به کل محموله‌ها و به همین روش برای سایر متغیرها	بازه‌ی ۲ ساعته تا بازه‌ی ۱۸ ساعته	PAN_2,3,6,9,12,15,18
تعریف شده در پژوهش حاضر	برای متغیر بیشتر از ۱۵۲٪ نسبت محموله‌هایی که زمان رسیدن آن‌ها بیشتر از ۵۲٪ یا میانگین زمان سفر اختلاف دارد یعنی بیشتر از ۱۵۲٪ یا کمتر از ۴۸٪ میانگین زمان سفر باشد به کل محموله‌ها و به همین روش برای سایر متغیرها	بیشتر از ۱۵۲٪ تا بیشتر از ۱۹۵٪	BISH_152,155,160, 170,180,190,195
Brooks et al. 2012	برای متغیر بیشتر از ۲۰ ساعت نسبت محموله‌هایی که زمان رسیدن آن‌ها بیشتر از ۲۰ ساعت با میانگین زمان سفر اختلاف دارد [کمتر یا بیشتر] و به همین روش برای سایر متغیرها	بیشتر از ۲۰ ساعت تا بیشتر از ۸۰ ساعت	BISH_20,24,40,50,60,70,80
تعریف شده در پژوهش حاضر	نسبت میانگین زمان سفر به حداقل زمان سفر	روانی	Fluid
کیوان سلیمی ۱۳۹۷	نسبت انحراف معیار زمان سفر به میانگین زمان سفر	ضریب تغییرات زمان سفر	CVTT
کیوان سلیمی ۱۳۹۷	نسبت صدک ۹۵ ام زمان سفر به صدک ۱۵ ام زمان سفر	شاخص زمان برنامه‌ریزی	PTI
کیوان سلیمی ۱۳۹۷	اختلاف صدک ۹۵ ام و میانگین زمان سفر تقسیم‌بر میانگین زمان سفر	شاخص بافر قابلیت اطمینان	RBI

[Mahdavi, 1393] است با این تفاوت که در پایان‌نامه‌ی علی مهدوی از اطلاعات بارنامه‌های سال ۹۲ برای ساخت متغیرها استفاده شده است و در پژوهش حاضر از اطلاعات بارنامه‌های سال ۹۶. در این مدل هزینه‌های انبارداری لحاظ نشده است و در داده‌های بارنامه موجود نبوده است. در مورد هزینه‌های دموراز که بیشتر در مورد واردات گروه کالای ۸ (کالای کانتینری) کاربرد دارد، اطلاعاتی در بارنامه‌های داخلی موجود نبوده است و چنین فرض شده است که کالاهای داخلی دچار تأخیر نمی‌شوند و مشمول این هزینه نمی‌شوند.

برای متغیر بازه‌ی درصدی درصدهای ۱۰۲، ۱۰۵، ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰، ۱۴۰ و ۱۵۰٪ برای متغیر بازه‌ی ساعتی اعداد ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ ساعت امتحان شده‌اند. همچنین برای متغیر بیشتر درصدی درصدهای ۱۵۲، ۱۵۵، ۱۶۰، ۱۷۰، ۱۸۰، ۱۹۰ و ۱۹۵٪ و برای متغیر بیشتر ساعتی اعداد ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ ساعت امتحان شده‌اند. در قسمت بعد و در جدول شماره ۳ سایر متغیرهای استفاده شده در این پژوهش [متغیرهایی غیر از متغیرهای قابلیت اطمینان] معرفی می‌شوند. لازم به ذکر است که این متغیرها همان متغیرهای استفاده شده در پایان‌نامه‌ی مهدوی

جدول ۳. سایر متغیرها

متغیر	توضیح
ton_j	تناژ جاده
ton_r	تناژ ریل
tot_ton	جمع تناژ جاده و ریل
j_share	سهم جاده
r_share	سهم ریل
Weight	ضریب وزنی مبدأ-مقصد بر اساس جمع تناژ جاده و ریل
bulk_gt	مبدأ-مقصد دارای بار انبوه: ۱ در غیر این صورت: ۰ محاسبه شده با تناژ کل ریل و جاده برای هر گروه [با آستانه ۵۰ هزار تن]
bulk_gtk	مبدأ-مقصد دارای بار انبوه: ۱ در غیر این صورت: ۰ محاسبه شده با تن کیلومتر کل ریل و جاده برای هر گروه [با آستانه ۲ میلیون تن کیلومتر]
Rail_acc	متغیر دسترسی ریلی: نسبت طول خطوط ریلی شهرستان به مساحت شهرستان [مجموع شاخص دسترسی مبدأ و دسترسی مقصد]
Road_acc	متغیر دسترسی جاده‌ای: نسبت طول خطوط جاده‌ای شهرستان به مساحت شهرستان [مجموع شاخص دسترسی مبدأ و شاخص دسترسی مقصد]
Pop	شهر بزرگ (شهرستان با جمعیت بالای ۲۰۰ هزار نفر) بودن مقصد: ۱ در غیر این صورت: ۰
Sabok	درصد کالای سبک (چگالی کمتر از ۰٫۷۵ کیلوگرم بر لیتر) حمل شده بین مبدأ- مقصد، محاسبه شده برای هر گروه
Arzesh	درصد کالای باارزش (هر کیلوگرم بالای ۴۰ هزار تومان) حمل شده بین مبدأ- مقصد، محاسبه شده برای هر گروه
Eshtaal	درصد کالای اشتعال‌پذیر (کالاهایی که در شرایط محیط امکان اشتعال داشته باشند) حمل شده بین مبدأ- مقصد، محاسبه شده برای هر گروه

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

متغیر	توضیح
Fased	درصد کالای فاسدشدنی (کالاهای (معمولاً) غذایی که بعد از چند (۷ الی ۱۰) روز فاسد می‌شوند) حمل شده بین مبدأ- مقصد، محاسبه شده برای هر گروه
jtar_ton	تعرفه حمل بار جاده به ازای هر تن [هزار تومان]
jtar_tkm	تعرفه حمل بار جاده به ازای هر تن کیلومتر [هزار تومان]
rtar_ton	تعرفه حمل بار ریل به ازای هر تن [هزار تومان]
rtar_tkm	تعرفه حمل بار ریل به ازای هر تن کیلومتر [هزار تومان]
jcost_t	تعرفه کل [حمل و تخلیه بارگیری] جاده به ازای هر تن [هزار تومان]
rcost_t	تعرفه کل [حمل و تخلیه بارگیری] ریل به ازای هر تن [هزار تومان]
jcost_tk	تعرفه کل [حمل و تخلیه بارگیری] جاده به ازای هر تن کیلومتر [هزار تومان]
rcost_tk	تعرفه کل [حمل و تخلیه بارگیری] ریل به ازای هر تن کیلومتر [هزار تومان]
Rdist	مسافت ریلی به کیلومتر
Jdist	مسافت جاده‌ای به کیلومتر
dist700	مسافت بیشتر از ۷۰۰ کیلومتر بین مبدأ-مقصد: ۱ در غیر این صورت: ۰
j_tot_tt	زمان سفر جاده‌ای: مجموع زمان سیر، تخلیه بارگیری و استراحت راننده به روز [به واحد دقیقه]
r_tot_tt	زمان سفر ریل: مجموع زمان سیر، تخلیه بارگیری به روز [به واحد دقیقه]
c_ra_t	نسبت تعرفه کل ریل به جاده [به ازای تن]
c_ra_tk	نسبت تعرفه کل ریل به جاده [به ازای تن کیلومتر]
c_ekh_t	اختلاف تعرفه کل ریل به جاده [به ازای تن]
c_ekh_tk	اختلاف تعرفه کل ریل به جاده [به ازای تن کیلومتر]
time_ra	نسبت زمان سفر کل ریل به جاده
acc_ra	نسبت دسترسی ریل به جاده

به صورت درب به درب (door to door) انجام می‌شود. برای سفرهای ریلی در برخی موارد سفرهای دسترسی چه در مبدأ و چه در مقصد وجود دارد؛ که در این پژوهش این زمان به شکل تقریبی برای هر شهرستان محاسبه شده است؛ به این صورت که فاصله‌ی مرکز شهرستان تا نزدیک‌ترین ایستگاه ریلی در نرم‌افزار GIS به عنوان مبنای مسافت سفر دسترسی لحاظ شده است. همچنین لازم به ذکر است زمان نهایی سفرهای ریلی و جاده‌ای با محاسبه‌ی زمان تخلیه و بارگیری لحاظ شده‌اند.

در پژوهش حاضر با یک تقسیم‌بندی دقیق‌تر و جامع‌تر نسبت به پژوهش مهدوی [مهدوی ۱۳۹۳]، کالاها به ۱۰ گروه تقسیم شدند که به ترتیب عبارت‌اند از: گروه کالای کشاورزی، گروه کالای فلزی، گروه کالای معدنی، گروه کالای ساختمانی، گروه کالای محصولات صنعتی، گروه مواد نفتی، گروه مواد شیمیایی، گروه کالای کانتینری، گروه مواد غذایی و گروه سایر کالاها. در مورد زمان دسترسی به ایستگاه برای گونه‌ی جاده‌ای می‌توان گفت این زمان چندان مفهوم ندارد، چراکه حمل جاده‌ای عموماً

مختلف بر اساس یک پارامتر خاص، وزن اهمیت متفاوتی در نظر گرفته می‌شود. در پژوهش حاضر وزن اهمیت لحاظ شده برای مشاهدات بر اساس پارامتر تناژ حمل شده بین هر مبدأ-مقصد در نظر گرفته شده است و مدل‌های وزن دار نتایج بهتری نسبت به مدل‌های بدون وزن داشتند. دلیل انتخاب پارامتر تناژ حمل شده به عنوان پارامتر وزن دهی این است که علی‌القاعده مبدأ-مقصدهایی که تناژ حمل شده بالاتری دارند احتمالاً از اهمیت بالاتری برای شرکت‌های ریلی و جاده‌ای برای جذب بار برخوردارند و به اصطلاح مبدأ-مقصد‌های پرمشتری و با تقاضای بالاتری هستند. لازم به ذکر است فرایند وزن دهی در هر گروه کالایی به تفکیک همان گروه انجام شده، لذا وزن دهی واقعی‌تر و مختص همان گروه در نظر گرفته شده است.

همچنین برای ارزیابی نیکویی برازش مدل‌ها از شاخص‌های نسبت درست‌نمایی ρ_c و ρ_{cadj} استفاده شده است. این دو شاخص از روابط زیر محاسبه می‌شوند [Ortuzar and Willumsen, 2011]:

$$\rho_c = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(c)} \quad (3)$$

$$\rho_{cadj} = 1 - \frac{LL(\beta) - df}{LL(c)} \quad (4)$$

$LL(\beta)$: مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی به ازای پارامترهای برآورد شده در مدل

$LL(c)$: مقدار لگاریتم تابع درست‌نمایی در حالتی که تنها ثابت‌های ویژه گزینه‌ها در تابع مطلوبیت وجود داشته باشند.

df : اختلاف تعداد متغیرهای توصیفی مدل پایه و مدل برازش

شده است که برای ρ_{adj} برابر است با تعداد پارامترهای مدل و

برای ρ_{cadj} با تعداد پارامترها منهای تعداد عدد ثابت‌های به‌کاررفته در توابع مطلوبیت مدل برابر است.

۴. بحث و نتایج

در مورد هزینه‌های دموراژ که بیشتر در مورد گروه کالای ۸ (کالای کانتینری) کاربرد دارد، چنین فرض شده است که کالاها دچار تأخیر نشده و مشمول این هزینه نمی‌شوند. درزمینه‌ی کالای کانتینری تحقیقاتی وجود دارد که با تمرکز روی این گروه کالای خاص انجام شده و جزئیات بیشتری را لحاظ کرده‌اند. [Mohri, 2018]

پس از تعریف متغیرها همبستگی آن‌ها با سهم ریل با استفاده از نرم‌افزار SPSS امتحان شد (سهم ریل به عنوان متغیر وابسته لحاظ شده است) و پس از آن متغیرها یکی یکی و با اولویت متغیرهایی که همبستگی بالاتری داشتند از طریق مدل لجیت دوگانه در نرم‌افزار NLogit6 امتحان شده‌اند و در نهایت مدل نهایی بر اساس مدل لجیت برای هر گروه به دست می‌آید.

مدل لجیت دوگانه از ساده‌ترین و محبوب‌ترین مدل‌های انتخاب گسسته است. محبوبیت آن به دلیل وجود فرم بسته برای فرمول احتمال انتخاب و در نتیجه راحتی تفسیر آن است. اگر فرض مطلوبیت تصادفی خطای گزینه‌ها برقرار باشد، آنگاه رابطه مدل لجیت به صورت رابطه ۱ به دست می‌آید [Train, 2002].

$$p_n[i] = e^{\mu V_{ni}} / \sum_{j \in C_n} e^{\mu V_{nj}} \quad (1)$$

$p_n[i]$: احتمال انتخاب گزینه i ام توسط فرد n ام

V_{ni} : مطلوبیت مشاهده شده گزینه i ام برای فرد n ام

C_n : مجموعه‌ی گزینه‌ها یا انتخاب‌های موجود برای فرد n ام (در اینجا ریل و جاده)

V_{nj} : مطلوبیت مشاهده شده گزینه j ام برای فرد n ام

μ یک پارامتر قابل شناسایی نیست و معمولاً یک مقدار قراردادی مثل عدد یک برای آن در نظر می‌گیرند و رابطه مدل لجیت چندگانه به صورت رابطه ۳ درمی‌آید [Train, 2002].

$$p_n[i] = e^{v_{ni}} / \sum_{j \in C_n} e^{v_{nj}} \quad (2)$$

لازم به ذکر است مدل لجیت استفاده شده در پژوهش حاضر از نوع مدل لجیت هم‌فزون وزن دار است. تفاوت این مدل با مدل لجیت ساده در این است که در این مدل برای مشاهدات

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

به‌عنوان پیش‌پردازشی برای مرحله‌ی بعد یعنی ورود متغیرها به مدل لوجیت استفاده می‌شود و احتمال حضور متغیرهایی که در این مرحله (آزمون ضریب همبستگی پیرسون)، سطح معناداری بالاتری داشته‌اند در مدل لوجیت نهایی بیشتر است. برای ساخت مدل لوجیت نهایی از روش انتخاب پیش رو استفاده شده و تک‌تک متغیرها اعم از متغیرهای قابلیت اطمینان و سایر متغیرها در مدل وارد شده و بهترین مدل از بین آن‌ها به‌عنوان مدل نهایی ارائه شده است.

در این بخش ابتدا جدول مربوط به متغیرهای معنادار در هر گروه و میزان همبستگی هر متغیر آورده می‌شود و سپس درباره‌ی علت معنادار شدن متغیرها در هر گروه بحث می‌شود. در این‌جا لازم به ذکر است که برای تمامی متغیرهای قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده در این مقاله، آزمون همبستگی پیرسون توسط نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفته است؛ و در جدول زیر تنها ضریب همبستگی متغیرهای با سطح معناداری بالا آورده شده است و از آوردن ضریب همبستگی سایر متغیرها با سهم ریل صرف‌نظر شده است. لازم به ذکر است این مرحله

جدول ۴. ضریب همبستگی سهم بار ریلی و متغیرهای قابلیت اطمینان به تفکیک گروه کالاهاى مختلف

گروه کالا	تعداد	متغیر	متغیر
	مشاهدات (n)	ضریب همبستگی پیرسون	ضریب همبستگی پیرسون
		خطای معناداری ۲ طرفه	خطای معناداری ۲ طرفه
گروه ۱		PAN_110	PAN_105
کشاورزی	374	.110*	.105*
		0.033	0.043
گروه ۲		PAN_105	PAN_110
فلزی	650	.115**	.103**
		0.003	0.008
گروه ۳			
معدنی	530		
گروه ۴		PAN_105	PAN_110
ساختمانی	605	.112**	.100*
		0.006	0.014
گروه ۵		PAN_110	PAN_105
محصولات	569	.094*	.090*
صنعتی		0.025	0.032
گروه ۶		PAN_110	
نفتی	311	0.11	
		0.053	
گروه ۷		PAN_105	PAN_110
شیمیایی	578	.145**	.130**
		0.0005	0.002
گروه ۸		PAN_3	PAN_6
کانتینری	177	.214**	.212**
		0.004	0.005

گروه ۹		PAN_105	
مواد غذایی	697	.081*	
		0.032	
گروه ۱۰		PAN_105	PAN_110
سایر کالاها	811	.112**	.099**
		0.001	0.005

*خطای کمتر از ۰.۵٪، **خطای کمتر از ۰.۱٪

در اکثر گروه‌ها معنادار شده است و پس‌از آن متغیرهای زمان سفر، دسترسی ریلی و انبوه بودن بار نیز در تعداد زیادی از گروه‌ها معنادار شده‌اند و با تمرکز بر این متغیرها و بهبود آن‌ها می‌توان در غالب گروه‌ها میزان بار قابل توجهی به سمت ریل جذب کرد. همچنین متغیرهای قابلیت اطمینان نیز در تمامی گروه‌ها به جز گروه ۳ و ۴ معنادار شده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد با انجام برنامه‌ریزی برای حرکت قطارهای باری و راه‌اندازی قطارهای برنامه‌ای می‌توان در اکثر گروه‌ها بار قابل توجهی را از گونه‌ی جاده‌ای به گونه‌ی ریلی منتقل کرد. در جدول ۶ از بالا به پایین به ترتیب اثرات حاشیه‌ای و الاستیسیته‌ی متغیرهای وارد شده در مدل نهایی نمایش داده شده‌اند. همچنین در جدول ۷ معیارهای برازندگی مدل‌ها نمایش داده شده‌اند. از بررسی الاستیسیته‌ی متغیرهای معنادار شده در گروه کالاهای مختلف چنین برمی‌آید که متغیرهای هزینه و زمان سفر (به‌خصوص متغیرهای از نوع نسبت در این دودسته متغیر) در اکثر گروه‌ها از ضریب الاستیسیته‌ی بالایی برخوردار بوده‌اند، که نشان از اهمیت بالای این دو متغیر دارد. در درجه‌ی بعد متغیرهای از نوع دسترسی (به‌خصوص نسبت دسترسی ریل به جاده) و از نوع بار انبوه در تعداد قابل توجهی از گروه کالاها از ضرایب بالا و نتیجتاً اهمیت بالایی برخوردار هستند. ضریب بسیار بالای متغیر نسبت دسترسی در گروه کالای ۳ نشان می‌دهد در صورت وجود دسترسی ریلی مناسب در این گروه کالا، کالاهایی از این نوع تمایل بسیار زیادی به استفاده از گونه ریلی دارند.

در گروه ۸، متغیر بازه‌ی ۳ ساعته معنادار شده است. در مورد متغیرهای بازه‌ای هرچه درصد یا ساعت معنادار شده پایین‌تر باشد حساسیت نسبت به قابلیت اطمینان بیشتر است. متغیر گروه ۸ هم متغیر ساعتی است و هم اینکه پایین‌ترین عدد در بین اعداد امتحان شده یعنی ۳ ساعت هست که مجموع این موارد نشان می‌دهد گروه کالای ۸ که کالای کانتینری هست بالاترین حساسیت را در بین تمامی گروه‌ها به قابلیت اطمینان دارد. علت حساسیت بالای گروه ۸ به قابلیت اطمینان زمان سفر این است که کالای کانتینری یک کالای بین‌المللی است و دیرتر رسیدن آن به مقصد منجر به ثبت تأخیر برای آن و محاسبه‌ی هزینه‌ی دموراژ می‌شود. در مورد گروه ۳، کالای معدنی، باید گفت که هیچ متغیری معنادار نشده است و این مسئله نشان می‌دهد که این گروه تقریباً هیچ حساسیتی نسبت به قابلیت اطمینان ندارد. علت عدم حساسیت گروه ۳ به قابلیت اطمینان حجم بالای کالاهای این گروه و قیمت واحد کم آن است که باعث می‌شود هزینه‌ی حمل کالا اهمیت بالایی پیدا کرده و زمان حمل اولویت نداشته باشد.

در ادامه متغیرهای قابلیت اطمینان و متغیرهای دیگر به کمک نرم‌افزار NLogit6 در مدل لوجیت بررسی شده و در جدول ۵ نتایج به دست آمده برای هر گروه به تفکیک ارائه شده است. وارد کردن متغیرها در مدل لوجیت به صورت انتخاب پیشرو صورت گرفته است، به این معنی که متغیرها یکی یکی وارد مدل شده و آن‌هایی که علامت غیرمنطقی داشته یا معنادار نشده‌اند حذف شده‌اند تا در نهایت مدل نهایی به دست آمده است. متغیرهای معنادار شده در جدول ۵ نشان می‌دهد که متغیر هزینه

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

برخی متغیرها نیز در برخی گروه‌های خاص دارای ضرایب الاستیسیته‌ی بالایی شده‌اند. برای نمونه می‌توان به متغیر کالای باارزش (ARZESH) در دو گروه ۲ و ۵ اشاره کرد. دلیل این موضوع وجود کالاهای باارزش افزوده‌ی بالا در این دو گروه و ریل پسند نبودن این نوع از کالاها است.

متغیرهای قابلیت اطمینان (عموماً متغیرهای از نوع بازه) نیز در اکثر گروه‌ها معنادار شده‌اند؛ اما ضریب الاستیسیته‌ی چندان بالایی ندارند. این مسئله نشان می‌دهد انتخاب‌کنندگان حمل بار قابلیت اطمینان زمان سفر را در نظر می‌گیرند اما این مسئله الویت بالایی در فرایند انتخاب آن‌ها ندارد.

جدول ۵. متغیرهای معنادار در مدل لجیت

لگاریتم لایکلیتود LLH=Log Likelihood	متغیرهای نهایی معنادار شده در مدل ضریب متغیر							گروه کالا	
	***, **, * سطح اطمینان معناداری به ترتیب ۹۰٪، ۹۵٪ و ۹۹٪								
LLH -678.1		PAN_110 .003 ***		C_RA_T 0.652 ***		ACC_RA 5.884 ***	Time_RA -0.116 ***	Constant 0.013	گروه ۱
LLH -911	PAN_110 0.006 ***	Time_RA -0.34 ***	C_RA_TK -8.239 ***	Arzesh -2.278 ***	Dist_700 1.89 ***	Bulk_gtk 4.328 ***	Constant 7.378 ***	گروه ۲	
LLH -2237.26		Arzesh -0.02 *	Dist700 1.35 ***	Rail_ACC 76.9 ***	C_RA_TK -4.48 ***	Bulk_gt 2.14 ***	Constant -2.76 ***	گروه ۳	
LLH -48.64				POP -2.35 ***	Rail_ACC 18.56 *	C_RA_T -3.07 **	Constant -4.63 ***	گروه ۴	
LLH -338.7		PAN_110 0.009 ***	Time_RA -0.38 ***	Arzesh -0.046 ***	Rail_ACC 56.55 ***	Constant 1.45 *		گروه ۵	
LLH -278.6	PAN_110 0.002 ***	Sabok -0.198 ***	Dist700 0.96 ***	Bulk_gtk 1.695 ***	Time_RA -0.42 ***	ACC_RA 9.83 ***	Constant 0.298	گروه ۶	
LLH -184.0	PAN_110 0.006 *	C_RA_T -18.09 ***	SABOK -11.96 ***	ACC_RA 13.11 ***	Time_RA -1.71 ***	Bulk_gt 8.59 ***	Constant 15.95 ***	گروه ۷	
LLH -499.6			POP -1.022 **	C_RA_TK -1.762 ***	ACC_RA 6.373 ***	PAN_3 0.002 ***	Constant 1.558 ***	گروه ۸	
LLH -330.9	PAN_105 0.004 ***	C_RA_TK -14.95 ***	Dist700 9.26 ***	SABOK -0.035 *	FASED -0.24 ***	Bulk_gt 3.88 ***	Constant 0.007	گروه ۹	
LLH -448.6	PAN_110 0.002 ***	TIME_RA 0.081 ***	POP -1.684 ***	Sabok -0.038 **	C_RA_TK -3.525 ***	ACC_RA 7.126 ***	Constant -1.588 ***	گروه ۱۰	

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

جدول ۶. اثرات حاشیه‌ای و الاستیسیته‌ی متغیرهای معنادار در گروه کالاهای مختلف

گروه کالا		از بالا به ترتیب متغیرهای معنادار و اثرات حاشیه‌ای (Marginal Effects) و الاستیسیته‌ی (Elasticity) آنها				
گروه ۱ کشاورزی	اثر حاشیه‌ای	PAN_110	C_RA_T	ACC_RA	Time_RA2	
	الاستیسیته	.00017	-0.03788	.34169	-0.00672	
گروه ۲ فلزی	اثر حاشیه‌ای	PAN_110	TIME_RA2	C_RA_TK	Arzesh	Dist_700
	الاستیسیته	.000045987	-0.00277	-0.06716	-0.01857	.01398
گروه ۳ معدنی	اثر حاشیه‌ای	0.00033	-1.5815	-2.0033	-4.9785	.17156
	الاستیسیته	0.00033	-1.5815	-2.0033	-4.9785	.17156
گروه ۴ ساختمانی	اثر حاشیه‌ای	ARZESH	DIST700	RAIL_ACC	C_RA_TK	BULK_GT
	الاستیسیته	-0.00153	.09514	4.83351	-0.28137	.19203
گروه ۵ صنعتی	اثر حاشیه‌ای	-0.00188	0.0126	0.2256	-0.18255	0.0396
	الاستیسیته	-0.00188	0.0126	0.2256	-0.18255	0.0396
گروه ۶ نفتی	اثر حاشیه‌ای	POP	RAIL_ACC	C_RA_T		
	الاستیسیته	-0.00955	.08760	-0.01447		
گروه ۷ نفتی	اثر حاشیه‌ای	PAN_110	ARZESH	TIME_RA2	RAIL_ACC	
	الاستیسیته	.000068996	-0.00034	-0.00281	.41361	
گروه ۸ کانتینری	اثر حاشیه‌ای	PAN_110	SABOK	DIST700	BULK_GTK	C_RA_TK
	الاستیسیته	.000077284	-0.00956	.05061	.10278	-0.02096
گروه ۹ مواد غذایی	اثر حاشیه‌ای	0.000042	-0.7633	0.02411	0.05	-0.03325
	الاستیسیته	0.000042	-0.7633	0.02411	0.05	-0.03325
گروه ۱۰ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	PAN_110	TIME_RA2	SABOK	BULK_GT	C_RA_T
	الاستیسیته	.000063091	-0.01723	-0.12064	.10670	-0.18251
گروه ۱۱ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	0.0000822	-1.416	-0.034	0.708	-1.2577
	الاستیسیته	0.0000822	-1.416	-0.034	0.708	-1.2577
گروه ۱۲ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	PAN_3	POP	C_RA_TK	ACC_RA	
	الاستیسیته	.00029	-0.18803	-0.31611	1.14346	
گروه ۱۳ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	0.00003	-0.071	-0.04	0.1	
	الاستیسیته	0.00003	-0.071	-0.04	0.1	
گروه ۱۴ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	PAN_105	FASED	SABOK	C_RA_TK	DIST700
	الاستیسیته	.000015567	-0.00108	-0.00012	-0.05263	.05425
گروه ۱۵ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	0.000082	-1.77	-0.43	-1.51	0.315
	الاستیسیته	0.000082	-1.77	-0.43	-1.51	0.315
گروه ۱۶ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	PAN_110	POP	SABOK	ACC_RA	C_RA_TK
	الاستیسیته	.000029293	-0.02368	-0.00065	.12042	-0.05957
گروه ۱۷ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	-0.00137				
	الاستیسیته	-0.00137				
گروه ۱۸ سایر کالاهای	اثر حاشیه‌ای	-0.457				
	الاستیسیته	-0.457				

الاستیسیته	0.000115	-0.33	-0.04	0.82	-0.54
------------	----------	-------	-------	------	-------

جدول ۷. معیارهای برازندگی مدل در گروه کالاهای گوناگون

گروه کالا	LL(C)	LL(β)	DOF	شاخص ρ^2_c	شاخص ρ^2_{Cadj}	درصد برآورد صحیح مدل
گروه ۱	-885.92	-678.1	5	0.2346	0.2301	93.14%
گروه ۲	-2239.7	-911	7	0.5932	0.5906	96.1%
گروه ۳	-3134.4	-2237.3	6	0.2861	0.2846	81.55%
گروه ۴	-57.8	-48.64	4	0.1585	0.1066	99.77%
گروه ۵	-685.9	-338.7	5	0.5062	0.5004	97%
گروه ۶	-656.6	-278.6	7	0.5757	0.5665	96.24%
گروه ۷	-872.7	-184	7	0.7892	0.7823	99.98%
گروه ۸	-588.3	-499.6	5	0.1508	0.1440	91.7%
گروه ۹	-1170.2	-330.9	7	0.7172	0.7121	99.4%
گروه ۱۰	-562.8	-448.6	7	0.2029	0.1922	99.25%

۵. نتیجه گیری و پژوهش های آتی

انتخاب کنندگان وسیله بین جاده و ریل در گروه ۳، کالای معدنی، حساسیت کمی نسبت به قابلیت اطمینان زمان سفر نشان می دهند و بیشتر به متغیرهایی از جمله هزینه حساسیت نشان می دهند. گروه کالای ۸، کالای کانتینری بیشترین حساسیت را نسبت به قابلیت اطمینان دارد که این موضوع مربوط به ویژگی های خاص این گروه کالا از جمله بین المللی بودن آن است. در مورد گروه ۴ [کالای ساختمانی] با وجود معنادار شدن همبستگی متغیر بازه ی ۱۰۵٪ و ۱۱۰٪ با سهم ریل، هیچ کدام از این ۲ متغیر در مدل لوجیت وارد نشده اند، لذا می توان گفت این گروه هم رفتاری شبیه گروه ۳ داشته و به علت انبوه بودن و قیمت واحد پایین بار زمان سفر و قابلیت اطمینان آن در این گروه نسبت به هزینه اولویت ندارند. در سایر گروه ها متغیر بازه ی ۱۱۰٪ وارد مدل لوجیت شده که نشان می دهد این گروه ها دارای حساسیت متوسط نسبت به قابلیت اطمینان هستند، تنها در گروه ۹ (مواد

غذای) متغیر بازه ی ۱۰۵٪ وارد مدل لوجیت شده است که نشان دهنده ی حساسیت بالای این گروه نسبت به قابلیت اطمینان است. علت این موضوع را می توان به وجود کالاهای فاسدشدنی در این گروه نسبت داد.

نتایج نشان می دهد زمان بندی حرکت قطارهای باری و راه اندازی قطارهای برنامه ای، در اکثر گروه ها می تواند اقدامی مؤثر در جهت انتقال بار از گونه ی جاده ای به گونه ی ریلی باشد.

با وجود اینکه این پژوهش متغیرهای دخیل بسیار زیادی در انتخاب گونه حمل بار را در نظر گرفته است، هنوز متغیرهای دیگری وجود دارند که لحاظ نشده اند؛ از جمله ی آنها می توان به هزینه های سوانح و بیمه و همچنین هزینه های انبارداری و دموارژ اشاره کرد. پژوهش های آتی می توانند این هزینه ها را نیز لحاظ کنند. در پژوهش های آینده قابلیت اطمینان و داده ها می تواند در بازه های زمانی کوچک تر از سال مانند فصل و ماه و روز بررسی شوند و تغییرات زمان سفر آنها بررسی شود.

یکی از مشکلات عمده این پژوهش کمبود داده در مورد زمان سفر به خصوص در بحث جاده‌ای بود، لذا پیشنهاد می‌شود اطلاعات زمان سفر در مورد تمامی طریقه‌ها به شکل دقیق ثبت شوند. پژوهش صورت گرفته برای کالاهای داخلی را می‌توان برای کالاهای وارداتی، صادراتی یا حتی ترانزیتی نیز انجام داد. می‌توان پژوهش مشابهی به صورت ترجیحات بیان شده و روی داده‌های ناهم‌فزون انجام داد. به عنوان پیشنهاد پایانی می‌توان رقابت طریقه‌های در نظر گرفته شده [ریلی و جاده‌ای] با طریقه‌های دیگر از جمله طریقه‌ی هوایی مثلاً در کالاهای با ارزش افزوده بالا و یا فاسدشدنی و یا با طریقه‌ی دریایی در کرایه‌های خاص را مورد پژوهش قرار داد.

۶. پی‌نوشت‌ها

1. Stated Preferences
2. Revealed Preferences
3. Logistic Service Providers

۷. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و همچنین سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای برای در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز (بازنامه‌های باری ریلی و جاده‌ای سال ۱۳۹۶) تشکر و قدردانی می‌نمایند. (لازم به ذکر است این داده‌ها قبلاً در اختیار پژوهشکده‌ی حمل و نقل دانشگاه صنعتی اصفهان قرار گرفته بود، لذا به طور مستقیم به این دو نهاد مراجعه‌ای صورت نگرفته است؛ اما برای حفظ امانت لازم بود نام این دو سازمان نیز قید شود).

۸. منابع

- صمیمی امیر، احسان رحیمی، حمیدرضا امینی. ۱۳۹۲. "تحلیل ناهم‌فزون رفتار انتخاب وسیله در جابجایی کالا به وسیله کامیون و قطار، مطالعه موردی ایران." سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.

- دلیر روزبه، ۱۳۹۰. "تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر بر انتخاب مسیر سفر." پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی [ره].

- رجبی مجتبی، نوید خادمی، روزبه فروزنده، افشین شریعت مهمی. ۱۳۹۷. "تحلیل قابلیت اطمینان زمان سفر خطوط اتوبوس با استفاده از داده‌های سیستم موقعیت‌یاب جهانی." فصلنامه مهندسی حمل و نقل.

- سرکاری مصطفی، سید جعفر حجازی، سیروس راد کیا، ۱۳۹۲. "اثر سنجی اجزای سامانه اتوبوس تندرو بر معیارهای کیفیت حمل و نقل عمومی [BRT]." همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین. کرج.

- سلیمی کیوان. ۱۳۹۷. "بررسی وضعیت قابلیت اعتماد سامانه اتوبوس‌رانی مطالعه موردی: اتوبوس‌رانی شهر اصفهان." پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

- شفاهی یوسف، نازنین صادقی. ۱۳۸۳. "مدل شبیه‌سازی برای زمان‌بندی حرکت قطارها باهدف افزایش قابلیت اطمینان برنامه زمان‌بندی." هفتمین همایش حمل و نقل ریلی. دانشگاه صنعتی شریف.

- مهدوی علی. ۱۳۹۳. "بررسی عوامل مؤثر برافزایش تقاضای بار در حمل و نقل ریلی نسبت به جاده‌ای با برآورد مدل انتخاب طریقه." پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان.

- نصیری حبیب‌الله، جواد جمعه پور چهار امان. ۱۳۹۳. "ارزش اقتصادی قابلیت اطمینان زمان سفر." پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور. دانشگاه ارومیه.

- OrtÅozar, and L.G. Willumsen, 2011. Modelling transport [John Wiley & Sons.].
- Duan, Liwei, Qiyuan Peng, and Yinying Tang. 2017. 'Railway shippers' heterogeneous preferences with random parameters latent class model', *Transportation research procedia*, 25: 416-24.
- Duan, Liwei, Lorant Tavasszy, and Jafar Rezaei, 2019. 'Freight service network design with heterogeneous preferences for transport time and reliability', *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 124: 1-12.
- Dullaert, Wout, and Luca Zamparini. 2013. 'The impact of lead time reliability in freight transport: A logistics assessment of transport economics findings', *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49: 190-200.
- Feo, Maria, Raquel Espino, and Leandro Garcia. 2011. 'An stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea', *Transport Policy*, 18: 60-67.
- Fries, Nikolaus, Andrew Nash, Jost Wichser, Georg Abay, Gianni Moreni, and Rapp Trans AG. 2008. "Modal split functions for a Swiss national freight transport model." In *EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE 2008; PROCEEDINGS*, 17p-17p.
- Jeffs, Vivien P, and Peter J Hills. 1990. 'Determinants of modal choice in freight transport', *Transportation*, 17: 29-47.
- Kim, Hyun-Chan, Alan Nicholson, and Diana Kusumastuti. 2017. 'Analysing freight shippers' mode choice preference heterogeneity using latent class modelling.'
- رجیبی بهآبادی مجتبی، افشین شریعت مهیمنی، امین صیاد ، علیرضا گنج خانلو، تحلیل قابلیت اطمینان زمان سفر در راه های برون شهری: مطالعه موردی محور تهران_آمل، هفدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۱۳۹۶.
- براهیمی امیرحسین، علیرضا عبدی، عبدالله آقایی، مدل سازی قابلیت اطمینان زمان سفر شبکه در بزرگراه ها، سیزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، دانشگاه مازندران، ۱۳۹۵.
- سلیمی کیوان، بررسی وضعیت قابلیت اعتماد سامانه اتوبوس رانی مطالعه موردی: اتوبوس رانی شهر اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۷.
- مهری سینا، حسین حق شناس، مطلوبیت انتخاب راه آهن در رقابت با جاده برای حمل و نقل کانتینر در ایران، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۹ شماره ۴، صفحات ۶۳۱ تا ۶۴۶، ۱۳۹۷.
- Arencibia, Ana Isabel, María Feo-Valero, Leandro García-Menéndez, and Concepción Román. 2015. 'Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments', *Transportation research part A: Policy and practice*, 75: 252-67.
- Ben-Akiva, and S.R. Lerman , . 1985. *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand* [MIT press].
- Beuthe, Michel and Ch Bouffieux. 2008. 'Analysing qualitative attributes of freight transport from stated orders of preference experiment', *Journal of Transport Economics and Policy* [JTEP], 42: 105-28.
- Brooks, Mary, Sean Puckett, David Hensher and Adrian Sammons. 2012. 'Understa, nding mode choice decisions: A study of Australian freight shippers', *Maritime Economics & Logistics*. ۹۹-۲۷۴ : ۱۴ ,

- research part A: Policy and practice, 102: 212-27.
- Sayed, Tarek, and Abdolmehdi Razavi. 2000. 'Comparison of neural and conventional approaches to mode choice analysis', Journal of Computing in Civil Engineering, 14: 23-30.
- Shinghal, Nalin, and Tony Fowkes. 2002. 'Freight mode choice and adaptive stated preferences', Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 38: 367-78.
- Tapia, Rodrigo Javier, Luiz Afonso dos Santos Senna, Ana Margarita Larranaga, and Helena Beatriz Bettella Cybis. 2019. 'Joint mode and port choice for soy production in Buenos Aires province, Argentina', Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 121: 100-18.
- Wilson, FR, BG Bisson, and KB Kobia. 1986. 'Factors That Determine Mode Choice In the Transportation of General Freight.'
- Zhang, Rong, Wenliang Jian, and Lóránt Tavasszy. 2018. 'Estimation of network level benefits of reliability improvements in intermodal freight transport', Research in Transportation Economics, 70: 1-8.
- Zhang, YZ, Wang JQ, and ZA Hu. 2016. 'Optimization Model of Transportation Product Selection for Railway Express Freight', Journal of Engineering Science & Technology Review, 9.
- Train, Discrete Choice Models, 2002.
- Ortuzar, and Luis Willumsen, (2011) "Modeling transport", 4th edition by Wiley.
- KIM, Kang-Soo. 2002. 'Inherent random heterogeneity logit model for stated preference freight mode choice', Journal of Korean Society of Transportation, 20: 83-92.
- Larranaga, Ana Margarita, Julian Arellana, and Luiz Afonso Senna. 2017. 'Encouraging intermodality: A stated preference analysis of freight mode choice in Rio Grande do Sul', Transportation research part A: Policy and practice, 102: 202-11.
- Li, Zheng, David Hensher, and John M Rose. 2010. 'Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: A review and some new empirical evidence', Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 46: 384-403.
- Neal, Craig, and Tay TR Koo. 2020. 'Demand for cargo airships: An analysis of mode choice decision making in the freight transport industry', Journal of Air Transport Management, 83: 101741.
- Norojono, Olly, and William Young. 2003. 'A stated preference freight mode choice model', Transportation Planning and Technology, 26: 1-1.
- Oum, Tae Hoon. 1979. 'A cross sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in Canada', The Bell Journal of Economics: 463-82.
- Reis, Vasco. 2014. 'Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model', Transportation research part A: Policy and practice, 61: 100-20.
- Román, Concepción, Ana Isabel Arencibia, and María Feo-Valero. 2017. 'A latent class model with attribute cut-offs to analyze modal choice for freight transport', Transportation

پیوست: ضرایب همبستگی بین متغیرها و سهم حمل و نقل ریلی

پیوست ۱. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای از نوع هزینه و سهم ریل

متغیر	tar_r_t	tar_r_tk	rcost_t	rcost_tk	tar_j_t	tar_j_tk	jcost_t	jcost_tk
توضیح	هزینه حمل ریل	هزینه حمل ریل	هزینه کل حمل با ریل	هزینه کل حمل با ریل	هزینه حمل جاده	هزینه حمل جاده	هزینه کل حمل با جاده	هزینه کل حمل با جاده
	به ازای هر تن	به ازای هر تن	ازای هر تن	ازای هر تن	به ازای هر تن	به ازای هر تن	ازای هر تن	ازای هر تن
گروه ۱	0.075**	0.00	0.075**	-0.02	0.073**	-0.037**	0.073**	-0.045**
گروه ۲	0.00	-0.031**	0.0	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.02
گروه ۳	0.01	0.01	0.01	0.07**	-0.071**	0.123**	-0.071**	0.165**
گروه ۴	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.072**	-0.01	0.074**
گروه ۵	-0.01	0.00	-0.01	0.0	-0.02	-0.01	-0.02	0.0
گروه ۶	0.02	0.03	0.02	0.05	-0.01	0.063**	-0.01	0.09**
گروه ۷	-0.01	0.02	-0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0
گروه ۸	0.03	-0.04	0.03	-0.04	0.146**	-0.02	0.146**	-0.02
گروه ۹	0.029**	0.0	0.029**	0.01	-0.02	0.07**	-0.02	0.076**
گروه ۱۰	-0.022*	-0.038**	-0.022*	-0.03**	-0.023*	0.037**	-0.023*	0.042**

** و * : معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

پیوست ۲. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای از نوع نسبت و اختلاف هزینه کل و سهم ریل

متغیر	c_ra_t	c_ekh_t	c_ra_tk	c_ekh_tk
توضیح	نسبت هزینه ریل به جاده	اختلاف هزینه ریل به جاده	نسبت هزینه ریل به جاده	اختلاف هزینه ریل به جاده
	ازای هر تن	ازای هر تن	ازای هر تن	ازای هر تن
گروه ۱	-0.066**	-0.03	0.037**	0.043**
گروه ۲	-0.01	0.01	-0.036**	-0.027**
گروه ۳	0.038**	0.073**	-0.154**	-0.164**
گروه ۴	0.01	0.01	-0.037**	-0.074**
گروه ۵	-0.01	0.01	0.02	0.0
گروه ۶	-0.01	0.03	-0.053**	-0.086**
گروه ۷	-0.01	0.0	0.01	0.0
گروه ۸	-0.105**	-0.14**	-0.084**	0.02
گروه ۹	0.02	0.027**	-0.02	-0.077**

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

گروه ۱۰	-0.01	0.02	-0.058**	-0.049**
---------	-------	------	----------	----------

و*: معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

پیوست ۳. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای از نوع زمان سفر و سهم ریل

متغیر	j_tot_tt	r_tot_tt	time_ra
توضیح	زمان سفر جاده‌ای: مجموع زمان سیر، تخلیه بارگیری و استراحت راننده (به واحد دقیقه)	زمان سفر ریل: مجموع زمان سیر، تخلیه بارگیری (به واحد دقیقه)	نسبت زمان سفر کل ریل به جاده
گروه ۱	0.115**	0.358**	0.075**
گروه ۲	-0.01	0.039**	0.047**
گروه ۳	-0.155**	-0.009	0.205**
گروه ۴	-0.049**	-0.005	0.075**
گروه ۵	-0.012	0.052**	0.042**
گروه ۶	-0.048	0.05*	0.1*
گروه ۷	0.025*	0.039**	0.01
گروه ۸	0.144**	0.301**	-0.003
گروه ۹	-0.025	0.041**	0.056**
گروه ۱۰	-0.068**	0.018	0.096**

و*: معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

پیوست ۴. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای از نوع دسترسی و سهم ریل

متغیر	rail_acc	road_acc	acc_ra
توضیح	شاخص دسترسی ریل	شاخص دسترسی جاده	نسبت دسترسی ریل به جاده
گروه ۱	0.044**	-0.01	0.051**
گروه ۲	0.066**	0.065**	-0.001
گروه ۳	0.087**	0.074**	0.14**
گروه ۴	0.027**	0.023	0.018
گروه ۵	0.102**	0.09**	0.02
گروه ۶	0.125**	0.047	0.097**
گروه ۷	-0.006	-0.02	0.039**
گروه ۸	0.057	0.01	0.047
گروه ۹	0.007	-0.008	0.034**
گروه ۱۰	0.05**	0.011	0.087**

و*: معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

پیوست ۵. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای از نوع بار انبوه و سهم ریل

متغیر	bulk_gt	bulk_gtk
توضیح	متغیر بار انبوه بر اساس تناژ مشاهدات هر گروه	متغیر بار انبوه بر اساس تن کیلومتر مشاهدات هر گروه
گروه ۱	0.017	0.205**
گروه ۲	0.146**	0.163**
گروه ۳	0.183**	0.142**
گروه ۴	-0.004	-0.001
گروه ۵	0.053**	0.047**
گروه ۶	0.069**	0.085**
گروه ۷	0.126**	0.098**
گروه ۸	0.348**	0.492**
گروه ۹	0.093**	0.07**
گروه ۱۰	-0.004	0.004

و*: معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

پیوست ۶. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای از نوع مسافت و سهم ریل

متغیر	jdist	rdist	Dist700
توضیح	مسافت جاده	مسافت ریل	مسافت جاده بیش از ۷۰۰ کیلومتر
گروه ۱	0.117**	0.113**	0.068**
گروه ۲	-0.011	-0.01	-0.006
گروه ۳	-0.168**	-0.188**	-0.128**
گروه ۴	-0.052**	-0.054**	-0.038**
گروه ۵	-0.008	-0.015	0.02
گروه ۶	-0.057**	-0.081**	-0.02
گروه ۷	0.023	0.011	0.015
گروه ۸	0.155**	0.142**	0.116**
گروه ۹	-0.024**	-0.032**	-0.015
گروه ۱۰	-0.074**	-0.092**	-0.058**

و*: معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

پیوست ۷. ضریب همبستگی پیرسون بین سایر متغیرها (غیر از قابلیت اطمینان) و سهم ریل

متغیر	pop	sabok	Arzesh	eshtaal	Fased
توضیح	کلان شهر بودن مقصد	درصد کالای سبک	درصد کالای بارزش	درصد کالای اشتعال پذیر	درصد کالای فاسدشدنی
گروه ۱	0.084**	0.0121**	-	-	-
گروه ۲	0.023	-0.003	-0.015	-	-
گروه ۳	-0.065**	-	-0.037*	-0.029**	-
گروه ۴	-0.029*	0.0	-0.017	-	-
گروه ۵	0.027	-0.004	0.022	-	-
گروه ۶	0.04	-0.087**	-	-0.023	-
گروه ۷	-0.013	-0.024	-0.009	-0.004	0.00
گروه ۸	0.011	-	-1.00**	-	-
گروه ۹	-0.014	0.004	0.041**	-	-0.036**
گروه ۱۰	-0.008	-0.027**	0.05**	-	-0.009

** و ***: معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

پیوست ۸. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای قابلیت اطمینان و سهم ریل در گروه کالاهای مختلف

متغیر									
ضریب همبستگی پیرسون									
خطای معناداری ۲ طرفه									
	Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
	-0.045	-0.031	-0.058	-0.38	0.105*	-0.013	-0.025	-0.002	گروه کالای ۱
	0.389	0.553	0.266	0.468	0.043	0.803	0.621	0.935	(کالای کشاورزی)
					PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	
					0.110*	-0.035	-0.02	-0.026	
					0.033	0.499	0.604	0.598	

علی توکلی، حسین حق شناس

				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.063	-0.047	-0.024	-0.002	
				0.221	0.36	0.632	0.945	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
-0.145	-0.066	-0.027	0.072	0.115**	-0.029	-0.018	-0.022	
0.055	0.091	0.496	0.068	0.003	0.46	0.646	0.434	
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	
				0.103**	-0.035	-0.017	-0.017	گروه کالای ۲ (کالای فلزی)
				0.008	0.375	0.668	0.536	
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.082*	-0.038	-0.014	-0.015	
				0.037	0.336	0.715	0.579	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
-0.049	-0.001	-0.036	-0.01	0.004	-0.026	-0.012	0.062**	
0.26	0.989	0.415	0.773	0.92	0.551	0.765	0.005	
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	
				0.028	-0.035	-0.018	0.062**	گروه کالای ۳ (کالای معدنی)
				0.527	0.418	0.658	0.005	
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.019	-0.041	-0.027	0.062**	
				0.669	0.34	0.544	0.005	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
0.01	0.003	-0.026	-0.07	0.112**	-0.029	-0.018	-0.011	
0.805	0.932	0.525	0.346	0.006	0.473	0.661	0.678	
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	
				0.1*	-0.035	-0.016	-0.008	گروه کالای ۴ (کالای ساختمانی)
				0.014	0.388	0.682	0.765	
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.081*	-0.038	-0.014	-0.007	
				0.048	0.347	0.727	0.810	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
-0.052	0.013	-0.03	-0.01	0.090*	-0.013	-0.011	-0.001	گروه کالای ۵
0.212	0.761	0.476	0.8	0.032	0.751	0.781	0.974	

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال سیزدهم / شماره سوم (۵۲) / بهار ۱۴۰۱

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	(کالای
				0.094*	-0.031	-0.011	-0.001	محصولات
				0.025	0.476	0.786	0.974	صنعتی)
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.063	-0.041	-0.009	-0.001	
				0.136	0.329	0.825	0.974	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
-0.09	0.145*	-0.075	-0.04	0.031	0.015	-0.04	-0.018	
0.115	0.01	0.188	0.435	0.591	0.798	0.464	0.569	
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	گروه کالای ۶
				0.11	-0.033	-0.063	-0.018	(کالای نفتی)
				0.053	0.560	0.248	0.582	
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.061	-0.062	-0.064	-0.018	
				0.282	0.273	0.235	0.586	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
0.025	0.004	-0.029	-0.1	0.145**	-0.035	-0.022	-0.032	
0.545	0.919	0.480	0.236	0.000	0.402	0.591	0.279	گروه کالای ۷
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	(کالای
				0.130**	-0.042	-0.021	-0.032	شیمیایی)
				0.002	0.318	0.613	0.276	
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.103*	-0.045	-0.018	-0.033	
				0.013	0.275	0.667	0.264	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
-0.004	-0.023	-0.086	0.538**	0.074	0.214**	-0.072	-0.037	
0.95	0.766	0.256	0.001	0.330	0.0043	0.337	0.58	گروه کالای ۸
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	(کالای
				0.067	0.212**	-0.076	-0.021	کانتینری)
				0.379	0.0047	0.314	0.750	
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.023	0.169*	-0.074	-0.015	
				0.762	0.025	0.328	0.823	

علی توکلی، حسین حق شناس

Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
-0.059	-0.03	-0.051	-0.05	0.081*	-0.067	0.004	0.154**	
0.129	0.429	0.183	0.169	0.032	0.079	0.904	0.00	گروه کالای ۹
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	
				0.068	-0.081*	0.004	0.154	(کالای مواد
				0.073	0.031	0.909	0.00	غذایی)
				PAN_120	PAN_9	Bish_170	Bish_50	
				0.089*	-0.089*	0.004	0.154**	
				0.019	0.018	0.906	0.00	
Fluid	PTI	CVTT	RBI	PAN_105	PAN_3	Bish_155	Bish_24	
0.038	0.016	-0.024	-0.1	0.112**	-0.021	-0.014	-0.06**	گروه کالای ۱۰
0.281	0.650	0.492	0.313	0.001	0.545	0.679	0.009	(سایر کالاها)
				PAN_110	PAN_6	Bish_160	Bish_40	
				0.099**	-0.025	-0.014	-0.056*	
				0.005	0.474	0.698	0.011	

** و * : معنادار شده به ترتیب در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹٪

بررسی تأثیر قابلیت اطمینان زمان سفر در مدل انتخاب گونه حمل و نقل بار ریلی و جاده‌ای

علی توکلی مقطع کارشناسی را در رشته‌ی مهندسی عمران در دانشگاه صنعتی اصفهان گذرانده و در سال ۱۳۹۶ در مقطع کارشناسی از این دانشگاه فارغ التحصیل شده است. از سال ۱۳۹۷ دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد در گرایش برنامه‌ریزی حمل و نقل در دانشگاه صنعتی اصفهان می‌باشد. موضوع پروژه‌ی پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد ایشان بررسی تأثیر متغیرهای مختلف در انتخاب گونه‌ی حمل بار بین ریل و جاده با تأکید بر متغیرهای قابلیت اطمینان است.



حسین حق شناس، در سال ۱۳۹۱ مدرک دکتری در رشته برنامه‌ریزی حمل و نقل را از دانشگاه صنعتی شریف را کسب نمود. و در حال حاضر عضو هیات علمی دانشکده مهندسی حمل و نقل در دانشگاه صنعتی اصفهان است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه‌ریزی حمل و نقل، تقاضا در حمل و نقل و ایمنی است.

