شناسایی و بررسی شاخص‌های موثر بر انتخاب وسیله حمل‌ونقل کالا در زنجیره تامین لجستیک

مقاله علمی – پژوهشی

پوریا رهبر، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم‌وصنعت ایران، تهران، ایران
محمدرضا خاکباز، دانشجوی دکتری، گروه راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
عبدالرضا شیخ‌الاسلامی*، دانشیار، گروه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Sheikh@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۵- پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱
صفحه ۸۸-۶۷

چکیده

مسئله حمل‌ونقل کالا، پایه و اساس پیشرفت جوامع بشری است و در ارتباطات میان کشورهای مختلف بطور قابل‌توجهی تاثیرگذار است. از مهم‌ترین پارامترهای مورد بحث در حمل‌ونقل کالا، مواردی چون حجم کالای جابه‌جا شده بین مبدا و مقصد، انتخاب نوع وسیله جهت جابه‌جایی کالا، تعیین مسیر و زمان‌بندی این جابه‌جایی‌ها هستند. در این میان، انتخاب نوع وسیله از اهمیت خاصی برخوردار است. انتخاب نوع وسیله نیازمند استفاده از شاخص‌ها و پارامترهایی مرتبط جهت تحلیل و ارزیابی است. شناخت این شاخص‌ها و پارامترهای مربوط به انتخاب نوع وسیله حمل بار، می‌تواند مطلوبیت هر شیوه را مشخص کرده و کمک شایانی به این روند داشته باشد. هدف از این پژوهش، شناسایی و بررسی مهم‌ترین و موثرترین شاخص‌های مورد استفاده در انتخاب نوع وسیله حمل بار در تحقیقات پیشین با در نظرگیری حمل‌ونقل چندوجهی و نگاهی بر مهم‌ترین ذی‌نفان این حوزه است. علاوه بر آن، به بحث درخصوص مهم‌ترین و پرتکرارترین شاخص مورد استفاده در تحقیقات پیشین، یعنی هزینه حمل بار و نیز معرفی یک شاخص جدید تحت عنوان ارزش زمان جهت استفاده در تحقیقات آینده پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص‌های هزینه حمل بار، زمان حمل، مسافت حمل بار و قابلیت اطمینان از موثرترین شاخص‌های بررسی شده در انتخاب نوع وسیله حمل کالا هستند. همچنین شاخص‌های نوع کالا، وزن کالا، ارزش کالا، آسیب و ناپدید شدن بار بعنوان شاخص‌های موثر در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: ارزش زمان، انتخاب نوع وسیله، ذی‌نفعان حمل‌ونقل، حمل‌ونقل چندوجهی، حمل‌ونقل کالا

۱- مقدمه

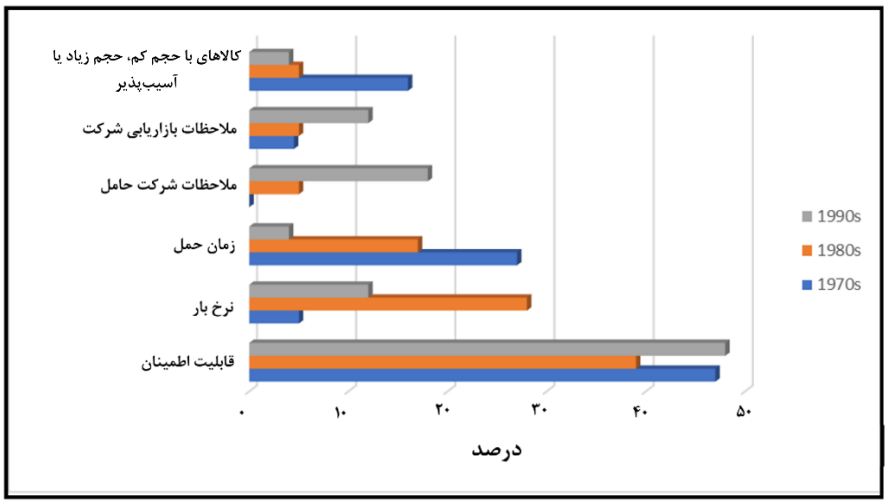
حمل‌ونقل کالا یکی از عناصر با اهمیت در چرخه حمل‌ونقل یک کشور است. چراکه توسعه آن لازمه توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورهاست. انواع شیوه‌های حمل‌ونقل با توجه به نیازها، مزایا و معایب آن هر یک مورد توجه شرکت‌های این حوزه هستند و آن شیوه‌ای که بیشترین مطلوبیت را برای آن‌ها فراهم آورد، بیشترین استقبال را دارا خواهد بود(Kiani, 2017). پیشرفت‌ها و قابلیت‌های جهان امروز در ارائه خدمات در کمترین زمان ممکن، موجب گردیده است تا امروزه جوامع بشری، دیگر پذیرای اتلاف زمان نباشند. به عبارت دیگر، رویکرد جهان امروز به گونه‌ای رقم خورده که برای متغیر زمان، رقیب جایگزینی وجود ندارد.

با گسترش صنعت حمل‌ونقل خصوصاً در زمینه کالا و به موازات آن بالا رفتن توقعات انسان نسبت به ارائه خدمات کم نقص، دنیا را برآن داشته تا برای رسیدن به هدف خود بسیاری از محدودیت‌ها مانند فواصل جغرافیایی و سیاست‌گذاری کشورهای مختلف را با صرف هزینه‌های زیاد مالی و زیست محیطی پشت سر بگذارند. با توجه به مسائل فوق‌الذکر و رقابت شرکت‌های حمل‌ونقل کالا در بازاریابی و ارائه خدمات با کیفیت در کمترین زمان، بایستی با هماهنگ‌سازی و ادغام شیوه‌های حمل‌ونقلی کشور مانند حمل‌ونقل جاده‌ای، دریایی، هوایی و ریلی در عرصه تصمیم‌گیری و مدیریت لجستیک به بهینه‌ترین وضع ممکن از نظر هزینه، زمان، ایمنی و سلامت کالا برای متقاضیان و همچنین شرکت‌های ارائه دهنده خدمات، برنامه‌ریزی لازم به عمل آید(Kiani, 2017). حمل‌ونقل بار اغلب به وسیله خصوصیات کالاها یا تحرک وسایل، اندازه‌گیری و توصیف می‌گردد. ارائه معقول شامل یک ماتریس مبدأ- مقصد که شامل نوع و مقدار کالای جابه‌جا شده توسط وسایل مختلف است. تمرکز اولیه مدلسازی تقاضای حمل‌ونقل کالا باید بر خصوصیات کالاها باشد و تحرک وسایل از نیاز به خصوصیات کالاها مشتق شده است(Chen and Luk Dubey, Singh & Tiwari, 2015;1997). مطالعه‌ای تحت عنوان " استقرار بهینه و پایدار از حالت‌های مختلف حمل‌ونقل در یک شبکه تحت هدایت ارائه دهنده خدمات حمل‌ونقل داخلی کشور (مطالعه موردی بندر روتردام)" و نیز مطالعات محققان دیگر در این حوزه با در نظر گرفتن شاخص‌های هزینه کلی، هزینه بارگیری و تخلیه و ضرر و زیان متحمل شده وسیله نقلیه در هنگام تحویل کالا، به این نتیجه رسیده است که این مدل‌سازی تسهیل‌کننده تغییر کیفیت حمل‌ونقل جاده‌ای (با ۱۶ درصد کاهش) به سمت حمل‌ونقل ریلی می‌باشد و باعث کاهش انتشار گاز کربن دی اکسید (۲۸ درصد) می‌شود و زمان تحویل (۸ درصد) کاهش پیدا می‌کند(Archetti, Peirano & Speranza 2022; Pamucar et al., 2022; Zhang & Pel, 2016).

در مطالعات منتشره توسط اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۲ که در eurostate به چاپ رسیده است با توجه به وضعیت پراکندگی جمعیتی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان الگوی حرکتی مردم تغییر یافته و از حمل‌ونقل جاده‌ای به سمت حمل‌ونقل ریلی تغییر یافته است به گونه ای که از سال ۲۰۱۰ حدود ۴۵،۸ درصد از کل حمل‌ونقل کالا در کشورهای اتحادیه اروپا از طریق جاده ها، ۳۶،۹ درصد از طریق دریا، حدود ۱۰،۲ درصد از طریق راه‌آهن و ۳،۸ درصد از طریق آبراه داخلی صورت پذیرفته است و این ارقام در سال ۲۰۱۲ درخصوص حمل‌ونقل ریلی به ۱۵،۶ و در خصوص حمل‌ونقل جاده‌ای به ۳۹،۹ رسیده است. نتایج مطالعاتی به این موضوع می‌پردازد که آیا پشتیبانی و تدارکات شرکت‌های طرف سوم با دیگر شرکت‌های باربری متفاوت است یا خیر؟ افزایش سریع اهمیت شرکت‌های طرف سوم باعث شده که این تحقیق به دو پیامد مهم برسد که در نتایج مدل انتخاب وسیله طبق شاخص‌های چون هزینه، زمان، ریسک امنیت، ریسک خطر، جهت حمل کالا در شرکت‌های طرف سوم با مقایسه با شرکت‌های طرف دوم یا اول، بیشتر سوق به سمت حمل‌ونقل چندوجهی است و میل به افزایش سهم ریل در حمل کالا را دارد(Haider, 2010; Ahmed, & Roorda, 2022 ;Patterson, Ewing&). بررسی موضوع ارزیابی کیفیت حمل‌ونقل بار به روش تحلیل ساتیس به ارزیابی کیفیت شیوه‌های حمل‌ونقل کالا پرداخته است که در حال حاضر مهم‌ترین شاخصی که به موفقیت در یک شرکت حمل‌ونقل می‌شود، ارائه خدمات با کیفیت است. این کیفیت خدمات، تحت تاثیر معیارهای مختلف دیگری قرار گرفته است؛ برای مثال قیمت، سرعت، ایمنی و زمان‌بندی تحویل و غیره. این معیارها این امکان را برای مشتری به وجود می‌آورد که چه شیوه حمل‌ونقلی را ترجیح می‌دهد. در نظرسنجی این پژوهش، مهم‌ترین معیارها برای شرکت‌ها، قیمت و زمان تحویل است که این معیارها با سهم ۲۵ درصد مشخص شده است (Łoch, & Dolinayová, 2015; Sałek, 2021). تخصیص بار میان وسایل حمل‌ونقل متفاوت، اغلب تحت عنوان انتخاب وسیله نامیده می‌شود که یکی از موضوعات بحث برانگیز در حمل‌ونقل، لجستیک است. محققان بیان نمود علت این امر در آن است که تصمیم‌گیری انتخاب وسیله همواره براساس یک ارزیابی کامل و تمام منطقی از تمام گزینه‌های موجود نیست. همچنین ارزیابی تجاری، هزینه کاملی از هر وسیله را لحاظ نمی‌کند. به عنوان مثال این هزینه کامل، هزینه‌های غیرمستقیم مانند اثرات ایمنی و زیست‌محیطی را نیز شامل می‌شود(Kalahasthi , Holguín-Veras, & Yushimito,

2022). مک گینیز در سال ۱۹۹۰ و در همین راستا میکسل و نوربیس در سال ۲۰۰۸، مطالعه‌ای مروری بر پژوهش‌های انجام شده به منظور انتخاب وسیله بار طی دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ انجام دادند. آن‌ها در این مطالعه، شش عامل تأثیرگذار بر انتخاب وسیله بار طی این سالیان را بیان نمودند. این شش عامل عبارتند از: نرخ‌های بار که شامل هزینه و عوارض، قابلیت اطمینان زمان تحویل، زمان حمل، کالاهای حجم کم، کالاهای با حجم زیاد و یا کالاهای آسیب‌پذیر، ملاحظات بازاریابی شرکت فرستنده و ملاحظات شرکت حامل هستند(McGinnis, 1990; Meixell, & Norbis, 2008).

مورفی و هال در سال ۱۹۹۵، مطالعه‌ای مروری به منظور عوامل تأثیرگذار بر انتخاب وسیله حمل بار انجام دادند. آن‌ها مطالعات بین دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ را بررسی نموده و شش عامل مانند مطالعه مک گینیز لحاظ نمودند و نتایج مشابه‌ای گرفتند. آن‌ها بیان نمودند که سطح سرویس و قابلیت اطمینان، از هزینه و عوامل دیگر بیشتر بر انتخاب وسیله بار تأثیر می‌گذارد. در شکل ۱، اهمیت نسبی شش عامل تأثیرگذار بر انتخاب وسیله بار طی دهه‌های ۱۹۷۰، ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ نشان داده شده است (Murphy, & Hall, 1995; Christodoulou, & Kappelin, 2020; Chen, Zhao, & Lan, 2022).



شکل ۱. اهمیت عوامل موثر بر انتخاب وسیله بار طی دهه‌های ۷۰ تا ۹۰ میلادی (Murphy, & Hall, 1995)

همانگونه که از این شکل مشخص است، اهمیت نرخ بار در دهه ۱۹۸۰ افزایش یافته است. با این وجود در این دهه نیز قابلیت اطمینان در درجه اول اهمیت قرار دارد. زمان حمل در دهه ۱۹۷۰ در درجه دوم اهمیت قرار دارد. ولی این عامل طی این دهه‌ها روند نزولی در درجه اهمیت طی کرده است و در دهه ۱۹۹۰ در درجه پنجم اهمیت قرار گرفته است. ملاحظات شرکت عامل در طی این دهه‌ها روند رو به رشدی داشته است. به طوری که از رتبه ششم در دهه ۱۹۸۰ به رتبه دوم در دهه ۱۹۹۰ صعود کرده است. کولیان و توی در سال ۲۰۰۰ مطالعه مروری در پژوهش‌های انجام شده برای انتخاب وسیله و مسیر بار انجام دادند. آن‌ها ۱۵ عامل هزینه، سرعت، زمان حمل و قابلیت اطمینان زمان حمل، مشخصات کالا، خدمات، تواتر، مسافت، انعطاف‌پذیری در دسترس‌بودن ساختارها، ظرفیت، موجودی، فقدان خسارت، فروش سالیانه، کنترل/ قابلیت ردیابی و تجربیات پیشین را در نظر گرفتند. آن‌ها نتیجه گرفتند عوامل هزینه، سرعت، زمان حمل و قابلیت اطمینان زمان حمل، مشخصات کالا و خدمات همواره جزء تأثیرگذارترین عوامل در انتخاب وسیله و مسیر کالاها است (Cullinane, & Toy, 2000). مطالعاتی در مورد انتخاب خدمات حمل‌ونقل بار، با تمرکز بر واکاوی نگرش‌ها و ترجیحات مشتری، صورت پذیرفت. عوامل در انتخاب خدمات حمل‌ونقل شامل هزینه، زمان حمل، قابلیت اطمینان و کیفیت حمل‌ونقل است، اما پس از اطمینان از الزامات کیفیت اساسی حمل‌ونقل، هزینه

حمل‌ونقل عامل تعیین‌کننده است (Boehm, Arnz, & Winter, 2021; Floden, Barthel, & Sorkina, 2010). متغیرهای خاص حمل‌ونقل (به عنوان مثال فاصله، وزن و ارزش) و متغیرهای خاص حالت (مانند زمان حمل‌ونقل و هزینه) تعیین‌کننده‌های کلیدی انتخاب وسیله هستند. بسیاری از محققان دیگر، زمان را نیز به عنوان یک مشخصه مهم حمل‌ونقل در نظر می‌گیرند، اما اهمیت آن به هزینه زمانی حمل‌ونقل بستگی دارد(Samimi, Kawamura, & Mohammadian, 2011; Holguín-Veras, et al., 2021; Archetti, Peirano, & Speranza, 2022). سهم حمل‌ونقل کالا در کره (بر اساس تن-کیلومتر) ۷۶,۲ درصد برای جاده ها، ۱۸,٤ درصد برای کشتیرانی، ۵,۳ درصد برای راه‌آهن، و ۰,۱ درصد برای حمل‌ونقل هوایی بوده که نشان می‌دهد حمل‌ونقل جاده‌ای در مقایسه با سایر وسایل غالب است. هزینه‌های حمل‌ونقل ۷۱,۱ درصد از هزینه‌های لجستیک کشور را در سال ۲۰۱۵ تشکیل می‌دهد(Shin, Roh, & Hur, 2019). در حال حاضر، سیستم حمل‌ونقل بار زمینی را می‌توان به حمل‌ونقل ریلی که در طول ۲۵۰ سال از نظر شکل تغییر چندانی نکرده و حمل‌ونقل جاده‌ای که سابقه‌ای در حدود ۱۰۰ سال دارد، تقسیم کرد. با این حال، نیاز به روش‌های جدید حمل‌ونقل بار، از جمله سیستم حمل‌ونقل خودکار بین‌وجهی، به منظور غلبه بر محدودیت‌های حمل‌ونقل بار زمینی در سراسر جهان در حال ظهور است (Shardeo, et al., 2023).

با این وجود، اگر مطالعات قبلی بر اساس نوع داده‌ها طبقه‌بندی شوند، می‌توان آن‌ها را به مطالعاتی تقسیم کرد که از داده‌های ترجیح آشکار (RP) برای بررسی وضعیت واقعی استفاده می‌کنند. (Poltavskaya, & Lebedeva, 2020). مطالعاتی که از داده‌های ترجیح بیان شده (SP) برای اجرای انتخاب‌های فرضی استفاده می‌کنند(Kim, & Turcios, 2023; Kim, (Dominguez, & Diaz, 2020). بررسی RP برای شناسایی ترجیحات و تقاضاها برای حالت‌های موجود و بررسی SP برای حالت‌های جدیدی است که در حال حاضر وجود ندارند. مطالعات اخیر ترجیحات حالت‌های حمل‌ونقل جدید را بر اساس شرایط فرضی شناسایی کرده‌اند و یک ساختار برای حالت‌های موجود شناسایی کرده‌اند(Choi, & Park, 2020). در مطالعاتی بررسی‌های SP برای محموله‌های کانتینر، فولاد و مواد خطرناک برای یافتن عملکرد مفید انجام گرفت. هم‌چنین برای محموله‌های کانتینر، سیمان و فولاد تحت محیط حمل‌ونقل واقعی انجام گرفت و ویژگی انتخاب وسیله تعریف گردید(Lee, Lee, & Lim, 2020). در مطالعات دیگری برای کانتینر و محموله‌های فله با توجه به تغییرات در زمان حمل‌ونقل، هزینه حمل‌ونقل، زمان و هزینه تخلیه و بارگیری صورت گرفت. و نظرسنجی‌های RP در مقیاس بزرگ را بر روی فرستنده‌ها برای شناسایی اولویت‌ها و تقاضا برای جایگزین‌های موجود صورت پذیرفت (Shin, Roh, & Hur, 2019).

انتخاب وسیله حمل‌ونقل اثر مستقیمی بر کارآیی سیستم‌های حمل‌ونقل دارد.(Banomyong, & Beresford, 2001) بنابراین با شناخت متغیرهای اثرگذار بر آن می‌توان مطلوبیت هر شیوه را مشخص کرد و به سرمایه‌گذاری‌های مناسب در این حوزه مبادرت نمود. این پژوهش با مطالعه و بررسی مقالات زیادی در حوزه انتخاب وسیله حمل بار با هدف شناسایی عوامل موثر بر انتخاب هر یک از شیوه‌های جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی و ترکیبی سعی بر آن دارد تا مهم‌ترین شاخص‌ها را شناسایی و معرفی نماید.

۲- حمل‌ونقل چندوجهی

استفاده روزافزون از حمل‌ونقل باری جاده‌ای اثرات منفی و خارجی مختلفی مانند ازدحام، آلودگی و تصادفات را به همراه دارد (Islam, 2014). کمیسیون اروپا با آگاهی از حجم فزاینده حمل‌ونقل بار و جاده‌های شلوغ‌تر، تغییر از حمل‌ونقل جاده‌ای به سایر روش‌های حمل‌ونقل پایدارتر را به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل پیشنهاد کرد. همانطور که کمیسیون اروپا اشاره کرد، ۳۰ درصد از حمل‌ونقل کالای جاده‌ای که بیش از ۳۰۰ کیلومتر حمل می‌شود، می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ به روش‌های دیگر مانند حمل‌ونقل ریلی یا دریایی منتقل شود و بیش از ۵۰ درصد تا سال ۲۰۵۰، توسط کریدورهای باری کارآمد و سبز تسهیل می‌شود(Islam et al., 2014). برخی از تحقیقات بیان می‌کند که حمل‌ونقل جاده‌ای در فواصل بیش از ۱۰۰ کیلومتر اساساً برای انتقال به حمل‌ونقل بین‌وجهی (که به آن حمل‌ونقل چندوجهی نیز می‌گویند) مناسب است (Boehm, Arnz, & Winter, 2021). کیفیت و خدمات حمل‌ونقل چندوجهی، قابل

مقایسه و در مواردی بهتر از خدمات حمل‌ونقل جاده‌ای است. این موضوع بدان معناست که هزینه‌ها و زمان اضافی ناشی از تخلیه و حمل، بایستی در طول حمل‌ونقل ریلی با هزینه‌های کمتر و سرعت بیشتر جبران شود (Kumar, & Anbanandam, 2020). صرف نظر از این موضوع، به نظر می‌رسد حمل‌ونقل ریلی–جاده‌ای میان‌وجهی، واقع بینانه‌ترین جایگزین برای کاهش تسلط حمل‌ونقل جاده‌ای و کمک به پایدارتر شدن سیستم حمل ونقل باشد. حمل‌ونقل بار چندوجهی، اصطلاحی است برای توصیف جابه‌جایی کالا با استفاده از یک واحد بارگیری یا وسیله نقلیه که از حالت‌های متوالی و متفاوت استفاده می‌کند.

حمل‌ونقل چندوجهی، به حمل‌ونقل یک شخص یا یک بار از مبدأ به مقصد، از طریق توالی دو یا چند شیوه حمل‌ونقل متداول (ریلی، جاده‌ای و دریایی) اشاره دارد. انتقال بین دو شیوه حمل‌ونقل، در یک پایانه چندوجهی انجام می‌شود. به طور مشابه، هنگام پرداختن به کالا به جای افراد، حمل‌ونقل باری بین‌وجهی به زنجیره‌ای چندوجهی از خدمات حمل‌ونقل کانتینری اشاره می‌کند(Wendler-Bosco, & Nicholson, 2020). در یک زنجیره حمل‌ونقل چندوجهی، معمولاً به دلیل هزینه بیشتر، کوتاه‌ترین طول ممکن از طریق جاده طی می‌شود. برای مسیرهای طولانی‌تر، حمل‌ونقل از طریق راه‌آهن، کشتی اقیانوس‌پیما یا آبراه داخلی طی می‌شود (Wang, et al., 2020).

بنا به تعریفی دیگر، حمل‌ونقل چندوجهی عبارت است از "انتقال کالا با استفاده از حداقل دو روش حمل (نظیر دریایی- جاده‌ای و یا ریلی–جاده‌ای) از مکانی در یک کشور و به مکانی مشخص در آن کشور و یا کشور دیگر را حمل‌ونقل چندوجهی می‌نامند که با امضای یک قرارداد حمل انجام می‌پذیرد". هدف از چنین حمل ونقلی، افزایش سرعت توزیع کالا با حذف اتلاف وقت در بنادر و پایانه‌های بارگیری است. چراکه شکل جدید تجارت جهانی نیازمند حملی سریع، ارزان و آسان‌تر از گذشته است. در چنین حمل‌ونقلی، هدایت منطقی کالاها، ذخیره‌سازی ایمن، بارگیری سریع و آسان کشتی‌ها، واگن‌ها و کامیون‌ها از مزایای این نوع حمل‌ونقل است (Kiani, 2017).

یکی از بزرگترین چالش‌ها در خصوص ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل کارا و قابل اطمینان، ایجاد راه‌های ارتباطی ترکیبی است. ارائه راه‌حل‌های مؤثر در زمینه حمل‌ونقل در مسافت طولانی، مستلزم ادغام کالاها با یکدیگر است که بدین ترتیب هزینه‌های حمل‌ونقل کاهش می‌یابد. اگر محصولات از مبدأ به مقصد دور حمل شوند، این فرایند ادغام تقریباً همیشه متضمن تبدیل یک شیوه حمل‌ونقل به شیوه دیگر است. نخست، فعالیت‌های جمع‌آوری محصولات صورت می‌گیرد. سپس برای جریان کالاهای ادغام شده، از ارزان‌ترین شیوه قابل دسترس حمل‌ونقل در زمان تردد مجاز وسایل نقلیه باری، استفاده می‌شود. پس از آن به منظور تحویل کالا در مقصد نهایی، انجام فرایند توزیع ضرورت می‌یابد. سازمان‌دهی حمل‌ونقل ترکیبی به ویژه حمل‌ونقل بین‌المللی در فواصل طولانی، نیازمند یک هماهنگی لجستیکی مطلوب میان کلیه افراد مشارکت کننده است. مهم‌ترین نکته در اینجا، سازمان‌دهی محل‌های تعویض شیوه‌های حمل‌ونقل و هزینه‌های جابه‌جایی است. بنادر و پایانه‌ها نمونه‌هایی از محل تعویض شیوه حمل‌ونقل می‌باشند(Kiani, 2017).

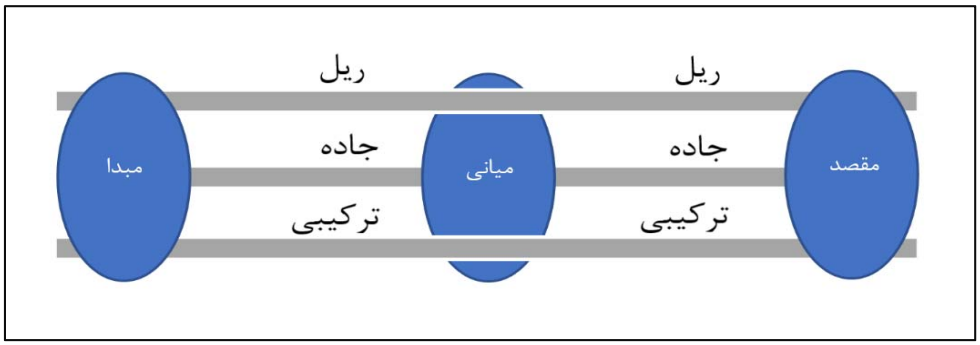
روش‌های حمل‌ونقل کالا عبارتند از: جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی و حمل‌ونقل از طریق خطوط لوله. راه‌آهن دومین نوع حمل‌ونقل کم هزینه است که برای حمل‌ونقل با حجم زیاد و مسافت طولانی ترجیح داده می‌شود. این نوع حمل‌ونقل که به عنوان دوستدار محیط زیست پذیرفته شده و ترجیح داده می‌شود، به ویژه برای حمل‌ونقل کالاهای کم ارزش ترجیح داده می‌شود. راحت‌ترین روش برای حمل‌ونقل درب به درب، جاده است که به دلیل گستره وسیع شبکه‌های حمل‌ونقل، پرکاربردترین حالت است. خط لوله نوعی از روش حمل‌ونقل است که برای جابه‌جایی منابع انرژی مانند نفت خام، گاز طبیعی و بنزین استفاده می‌شود که در آن خطر تلفات، آسیب و انعطاف‌پذیری کم وجود دارد. حمل‌ونقل هوایی که از نظر زمان بالاترین مزیت را در این بین داراست، گران‌ترین روش حمل‌ونقل در مقایسه با انواع روش‌ها است. با وجود قابلیت اطمینان بالا، روشی انعطاف پذیر نیست. راه دریایی از نظر قیمت کم هزینه‌ترین حالت است. با این حال، از منظر زمان طولانی و انعطاف پذیری کم، از معایب این روش تلقی می‌شود (Wise, & Fanam, 2023; Romero Santamaría, 2023). در جدول ۱ مزایای هر کدام از روش‌های حمل‌ونقل به تفکیک امتیازدهی شده‌اند.

جدول۱. دسته‌بندی مزایای انواع روش‌های حمل‌ونقل کالا(Kiani, 2017)

روش حمل‌ونقل	گزینه‌های کالا	سرعت	در دسترس بودن	هزینه	ظرفیت	قابلیت بین‌وجهی
جاده‌ای	بسیار وسیع	متوسط	بالا	متوسط	کم	بسیار بالا
هوایی	بسیار محدود	سریع	کم	بسیار بالا	بسیار کم	متوسط
ریلی	وسیع	کند	متوسط	پایین	متوسط	بسیار بالا
دریایی	وسیع	بسیار کند	متوسط	بسیار پایین	بسیار بالا	بسیار بالا
لوله‌ای	بسیار محدود	بسیار کند	کم	پایین	بسیار بالا	بسیار کم

بنا به روابط اقتصادی و وجود ظرفیت‌های عملیاتی، امکان حمل‌ونقل کالاهای مختلف به روش دریایی با استفاده از کشتی، روش جاده‌ای با بکارگیری کامیون‌ها، روش حمل‌ونقل ریلی با کمک قطار، روش هوایی و روش لوله‌ای که مخصوص حمل گاز، فله‌های مایع یا فله‌های جامدی، وجود دارد. هریک از این روش‌ها دارای امتیازات و ویژگی های منحصر به فردی هستند که آن‌ها را در فرایند حمل از روش دیگر متمایز می‌کند، نکته جالب آن که به فرض عدم الزام به عبور از دریا در مسیر حمل به جز روش حمل‌ونقل جاده‌ای تقریباً امکان حمل هیچ کالایی در سرتاسر مسیر با استفاده از سایر روش‌های حمل نیست. چراکه امکان احداث بندر، فرودگاه و یا ریل‌گذاری از درب محل تولید کالا در یک کشور تا درب فروشگاه یا انبار محل توزیع آن در کشور یا قاره دیگر وجود ندارد. با پذیرش این واقعیت که در فرایند جهانی شدن اقتصاد، بازارهای تولید و مصرف توسط دریاها یا اقیانوس‌ها که ۷۵ درصد از سطح کره زمین را پوشانیده از یکدیگر جدا شده‌اند می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که جدای از اقتصادی یا غیر اقتصادی بودن آن، در بسیاری از موارد امکان فیزیکی حمل‌ونقل کالاها به روش جاده‌ای نیز به تنهایی وجود ندارد، اینجاست که عملی‌ترین راه‌حل حمل کالا، بکارگیری روش‌های مختلف حمل‌ونقل در فرایند جابه‌جایی کالا در تجارت درون سرزمینی یا بین المللی است(Kaewfak, Ammarapala, & Huynh, 2021). برای بررسی تاثیرات روش‌های مختلف حمل‌ونقل در یک شبکه چند شیوه‌ای در ابتد مثال ساده‌ای در شکل ۲ به وضوح تشریح می‌گردد. این شبکه ساده در شکل نمایش داده شده است، که شامل سه گره، که یک مبدا، یک مقصد و یک گره میانی که توسط سه مسیر به هم متصل شده‌اند. هر بخش شامل سه مسیر جاده‌ای، ریلی و ترکیبی می‌شود. از روی شکل مشخص است که بیش از یک شیوه برای جابه‌جایی کالا وجود دارد. هدف شناخت عوامل موثر بر انتخاب شیوه جابه‌جایی کالا است (Kiani, 2017). در مطالعه‌ای نتایج حاصل از مدل‌سازی‌ها که تکیه بر شاخص‌های هزینه، زمان و سرعت دارد، نشان داده شده است که ٦٨ درصد از مراکز تقاضای داخلی برای حمل بهینه کالاهای وارداتی باید از بندر امام خمینی جهت تغییر روش حمل‌ونقل دریا به خشکی استفاده کنند. از نتایج عمده دیگر این پژوهش می‌توان به برتری ۷۷ درصدی شاخص مطلوبیت مسیرهای بهینه پیشنهادی(که عمدتا چندوجهی هستند) نسبت به مسیر تک وجهی جاده‌ای که عمده روش حمل در ایران است، اشاره نمود (Yousefi, 2014). با بررسی موضوع "تاثیر حمل‌ونقل چندوجهی درافزایش بهره‌وری و کاهش هزینه حمل کالاها در بندر امام خمینی" نتیجه‌گیری شد که سه گزینه پایانه انتقال کالا، مکان آماده‌سازی کالا و فرایند تخلیه و بارگیری کالا به ترتیب بیشترین تاثیر در افزایش بهره‌وری و راندمان بندر امام خمینی را دارند. همچنین در بخشی دیگر از تحقیق نشان داده شده است که کاهش هزینه حمل کالا در سیستم حمل‌ونقل

چندوجهی در بندر امام خمینی نسبت به حمل‌ونقل تک وجهی کاهش ۱۸ درصد هزینه حمل را در پی دارد (Ghari, 2014). همچنین در مطالعه‌ای نتایج حاصل از مدل‌سازی‌ها که تکیه بر شاخص‌های هزینه، زمان و سرعت دارد، نشان داده شده است که ۶۸ درصد از مراکز تقاضای داخلی برای حمل بهینه کالاهای وارداتی باید از بندر امام خمینی جهت تغییر روش حمل‌ونقل دریا به خشکی استفاده کنند. از نتایج عمده دیگر این پژوهش می‌توان به برتری ۷۷ درصدی شاخص مطلوبیت مسیرهای بهینه پیشنهادی نسبت به مسیر تک‌وجهی جاده‌ای که عمده روش حمل در ایران است، اشاره نمود (Yousefi, 2014). همچنین با بررسی موضوع تاثیر حمل‌ونقل چندوجهی درافزایش بهره‌وری و کاهش هزینه حمل کالاها در بندر امام خمینی، سه گزینه پایانه انتقال کالا، مکان آماده‌سازی کالا و فرایند تخلیه و بارگیری کالا به ترتیب بیشترین تاثیر در افزایش بهره‌وری و راندمان بندر امام خمینی را دارند. همچنین کاهش هزینه حمل کالا در سیستم حمل‌ونقل چندوجهی در بندر امام خمینی نسبت به حمل‌ونقل تک وجهی کاهش ۱۸ درصد هزینه حمل را در پی دارد (Ghari, 2014).



شکل۲. شبکه چندوجهی در حمل‌ونقل کالا (Kiani, 2017)

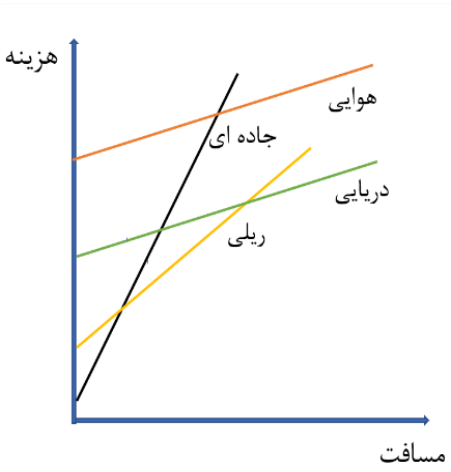
مطالعه‌ای با موضوع انتخاب وسیله برای حمل‌ونقل چندوجهی به منظور جستجو برای بهترین حالت حمل‌ونقل از یک شبکه چندوجهی حمل‌ونقل، نقش شبکه‌های عصبی را نشان داده‌اند. در انتخاب وسیله به شش گروه شاخص که هر شاخص خود زیر مجموعه دارد تکیه کرده است که شامل هزینه‌های کلی حمل‌ونقل، کل زمان حمل، کیفیت حمل، ابزار حمل، نوع سرویس‌دهی و سود جمعی هستند (Premkumar, Gopinath, & Mateen, 2021). در مطالعات متعددی به بررسی و مدل‌سازی بهینه حمل‌ونقل چندوجهی پرداخته شده است. در نتایج این مطالعات موثرترین شاخص‌ها یعنی هزینه، زمان سفر، امنیت و ایمنی برای مقایسه مطلوبیت هر شیوه جهت ترکیب‌سازی و بهینگی آن‌ها با یکدیگر با مدل‌های ریاضی و الگوریتمی پرداخته اند(Xu, Han, & Jin, 2009; Verga, Silva, & Yamakami, 2018; Sarkar, & Biswas, 2021). یک بررسی کامل از سوی محققان در راستای مطالعات حمل‌ونقل چندوجهی و انتخاب وسیله انجام شد. که حمل‌ونقل چندوجهی یک حالت رقابتی در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای حمل‌ونقل تک‌وجهی برای مقابله با جریان‌های حمل‌ونقل رو به رشد استفاده شود. با این حال، محققان دریافتند که مشکلات حمل‌ونقل چندوجهی پیچیده است و برای حل آن‌ها به دانش جدیدی نیاز دارد (Bontekoning, Macharis, & Trip, 2004).

۳- عوامل موثر بر انتخاب وسیله حمل‌ونقل کالا

حمل‌ونقل کالا اساس پیشرفت جوامع بشری و ارتباط بین کشورهای مختلف است. این نیاز اساسی می‌تواند از شیوه‌های مختلف سفر صورت پذیرد که هر شیوه مزایا و معایبی از دیدگاه حمل‌ونقلی و زیست محیطی را در بردارند. در راستای توسعه پایدار کشور بررسی این مسئله که کدام شیوه حمل‌ونقلی کالا در کشور دارای بیشترین کاربرد بوده و نیز چه شاخص‌هایی بر هر شیوه تأثیرگذار است امری بسیار بااهمیت است. از روش‌های دیگر این مسئله که چطور می‌توان با سیاست‌گذاری و ارائه خدمات خاصی به محبوبیت شیوه حمل‌ونقل کالای بخصوصی کمک کرد نیز دارای اهمیت قابل توجه است.

امروزه صنعت حمل‌ونقل کالا، بخش مهمی از اقتصاد هر کشور و از مهمترین مسائل روزمره در زندگی بشر محسوب می‌گردد. به دنبال افزایش روز افزون و رشد چشم‌گیر تقاضا در جابه‌جایی کالا، نظر کارشناسان و مدیران زیادی را در ارتباط با بهبود روند و افزایش کارایی این صنعت به خود جلب کرده است. در این حین مدیریت زنجیره تامین یا لجستیک و مدیریت تدارکات در سیستم پخش و توزیع در زمینه‌های مختلف روز به روز در حال پیشرفت و باعث کاهش برخی هزینه‌های گزاف در صنعت جابه‌جایی کالا خواهد شد. حال بخش جابه‌جایی و حمل‌ونقل، حدود ۳۰ درصد از سهم عملکردی در مدیریت زنجیره تامین را به خود اختصاص داده‌اند که این بخش خود را به عنوان یک عنصر کلیدی و محوری بین دیگر مفاصل جداشده زنجیره تامین جای داده است. با این تفاسیر، به دلیل سهم چشم‌گیر بخش حمل‌ونقل در مدیریت زنجیره تامین، می‌توان به اهمیت هریک از شیوه‌های حمل‌ونقل یعنی جاده‌ای، ریلی، دریایی و هوایی پی برد که انتخاب یک سیستم حمل‌ونقل مطلوب می‌تواند جایگاه ویژه‌ای را داشته باشد. حمل‌ونقل کالا در شبکه جاده‌ای دارای اثرات سوئی است که از جمله مهم‌ترین موارد آن می‌توان به کاهش ایمنی، افزایش زمان سفر، افزایش آلاینده‌ها، مصرف انرژی و خرابی زیرساخت‌ها اشاره کرد. از طرفی، شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای نقش کلیدی در رشد اقتصادی یک کشور و پویا کردن صنایع وابسته به این نوع حمل‌ونقل دارد. تسهیل فرآیند حمل کالا، اثری مستقیم بر اقتصاد یک کشور داشته و رقابت بین ریل و جاده نقشی اساسی در تخصیص بودجه و منابع به قسمت‌های مربوطه دارد. هر وسیله حمل‌ونقل دارای ویژگی‌ها، نقاط ضعف و قوت منحصر به خود است. بسته به وسیله انتخاب شده، عملکرد کلی سیستم لجستیک تحت تأثیر قرار می‌گیرد(Ortúzar, & Willumsen, 2011).

همانگونه که در شکل ۳ قابل ملاحظه است، حمل‌ونقل جاده‌ای به دلایلی همچون انعطاف‌پذیری و قابلیت دسترسی بالا، مناسب‌ترین وسیله حمل برای مسافت‌های کوتاه است. درحالی که معمولاً مسیرهای طولانی‌تر، هزینه حمل ریلی در مقایسه با جاده‌ای کمتر خواهد بود. اما اگر فاصله مبدأ بارگیری تا مقصد بسیار طولانی باشد، کم هزینه‌ترین وسیله حمل‌ونقل، برای کالاهای با ارزش هواپیما و برای کالاهای کم ارزش، کشتی است. این موضوع ارتباط میان مسافت و هزینه را در شکل ۳ نشان می‌دهد(Kiani, 2017). از اولین مطالعاتی که در زمینه انتخاب وسیله صورت گرفته است می‌توان به مطالعات کان ودینوبرگ اشاره کرد که در سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۲ صورت پذیرفت. در آن مطالعات، تنها پارامترهایی چون نوع کیفیت سرویس که شامل زمان سفر، امنیت، هزینه و نوع رفتار مسافرین در مدل طراحی شده مدنظر قرار گرفت. که امنیت، زمان سفر و هزینه بیشترین تاثیر را در انتخاب وسیله داشته است(Kahn, Deneubourg, & De Palma, 1981).



شکل۳. ارتباط بین مسافت و هزینه در شیوه‌های حمل‌ونقل (Kiani, 2017)

به گفته گولیاس و یانیس، پارامترهای مؤثر بر انتخاب حمل‌ونقل کالا شامل پارامترهای عملکرد (زمان حمل‌ونقل، قابلیت اطمینان، فرکانس و محدودیت ظرفیت)، پارامترهای هزینه (قراردادهای قیمت و اعتبار)، کیفیت خدمات (ضرر تلفات و خسارت و مدیریت، ارتباطات، توزیع مشتری و خدمات حمل‌ونقل و انعطاف‌پذیری برنامه‌ریزی) و پارامترهای کلی (مداخلات دولت، ساختار و سازمان شرکت و امکانات حمل‌ونقل موجود) می‌شوند(Golias, & Yannis, 1998). چالش‌های اصلی در بحث حمل‌ونقل کالا مواردی چون حجم کالای جابه‌جا شده، انتخاب نوع وسیله، تعیین مسیر و زمان‌بندی جابه‌جایی‌ها هستند. در این میان انتخاب نوع وسیله، مهم‌ترین تصمیمی است که ممکن است از سوی هر شرکت درگیر در یک زنجیره تامین گرفته شود. به طور کلی، در بررسی رفتار شرکت‌ها در بحث انتخاب نوع وسیله حمل بار با پیچیدگی‌های بسیار بیشتری نسبت به انتخاب نوع وسیله مسافران روبرو است.

در بحث مسافر افرادی هستند که هر یک مشخصات مخصوص بـه خود را دارنـد در حـالیکه در جابه‌جایی کالا با شـــرکت‌هایی وجود دارنـد کـه در یـک یـا چنـد زنجیره تـامین قرار دارنـد و تصمیمات آن‌ها بعضا به صورت مشترک و همکاری‌های دوجانبه گرفتـه می‌شـــود کـه بـاز هم فرایند مدل‌ســـازی رفتاری آن‌ها را مشکل‌تر می‌کند (Samimi, Kawamura, & Mohammadian, 2011). تصـمیم‌گیر حمل‌ونقل بسته به نیازهای خود، وسیله‌ای را از درون سـیسـتم لجسـتیک انتخاب می‌کند. این انتخاب می‌تواند شـامل یک وسـیله یا ترکیبی از وسـایل به منظور رسـیدن کالا به مقصـد مورد نظر باشـد. ناشـی از تأثیر این انتخاب بر کل سیستم لجسـتیک، ضـروری اسـت که عوامل مؤثر بر ادراک تصـمیم‌گیر شـناسایی و در مواقع مورد نیاز کنترل گردد. مطالعه‌ای سه الگوی تصمیم را در مورد تصمیم انتخاب شیوه حمل‌ونقل شناسایی کرد. گروه اول شـامل کاربران فشـرده حمل‌ونقل بین‌وجهی اسـت که صرفاً بر اساس معیار هزینه تصمیم می‌گیرند و نیز پس از اطمینان از برآورده شـدن الزامات اسـاسـی کیفیت حمل‌ونقل، تصـمیم می‌گیرند. گروه دوم شـامل کاربرانی می‌شـود که تنها برای بخش کوچکی از کـل حجم حمـل‌ونقـل خود در حمل‌ونقل بین‌وجهی شرکت می‌کنند. آن‌ها با توجه به معیارهای کیفیت و هزینه تصمیم می‌گیرند. گروه سـوم متشـکل از بازیگرانی اسـت که تصـمیمات آن‌ها تحت تأثیر نیازهای لجستیکی خاص و فراتر از خود فعالیت حمل‌ونقل فیزیکی اسـت(Dua, & Sinha, 2019). در جدول ۲ بخشی از مهم‌ترین مطالعات بررسی شده در خصوص پارامترهای بکار رفته انواع شیوه حمل‌ونقل کالا به تفکیک مناطق مورد مطالعه و نوع داده جمع‌آوری شده به صورت زیر آورده شده است.

جدول۲. مهم‌ترین مطالعات مرتبط با انتخاب وسیله حمل بار در مناطق مختلف جهان

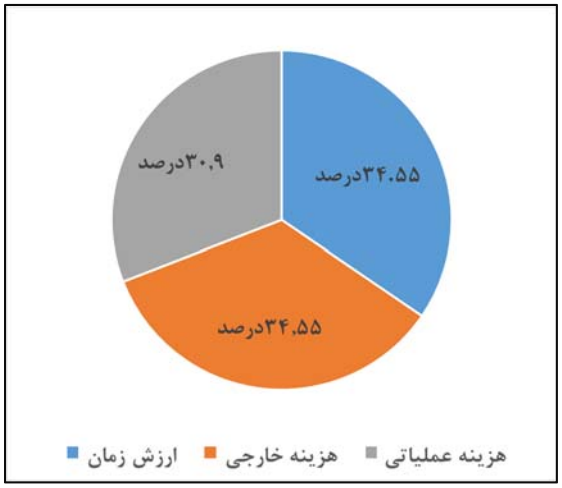
منبع	منطقه مورد مطالعه	نوع داده	شیوه حمل‌ونقل	پارامترهای بکار رفته
Cullinane and Toy, 2000	–	SP	-	هزینه، زمان، سرعت، نوع کالا، فاصله، خدمات، انعطاف‌پذیری، دسترسی، ظرفیت، زیرساخت، فروش در سال، گم‌شدن و آسیب‌دیدگی
Sayed and Razavi, 2000	آمریکا	RP	ریل، جاده	هزینه، زمان، قابلیت اطمینان، فاصله، اندازه، تناژ، چگالی، دما، فاسدشدن، گم‌شدن و خسارت، ویژگی ناحیه
Shinghal and Fowkes, 2002	هند (کریدور بمبئی–دهلی)	SP	ریل، جاده، ترکیبی	هزینه، زمان، فاصله، فراوانی
University of Westminster, 2010	انگلستان	SP	ریل، جاده، دریا	هزینه، نوع کالا، توسعه شبکه ریل و دریا، کیفیت، دسترسی
Samimi et al., 2011	آمریکا	RP	ریل، جاده	هزینه، زمان، وزن، ارزش، فاصله
Pourabdollahi et al., 2013	آمریکا	RP	ریل، جاده، هوا، پیک	هزینه، نوع کالا، ارزش، وزن، نوع تجارت، فاصله
Wang et al., 2013	آمریکا (مریلند)	RP	ریل، جاده	هزینه سوخت، زمان، نوع کالا، وزن، ارزش، نوع تجارت، فاصله، ویژگی ناحیه
Zhang et al., 2016	چین	RP	ریل	هزینه، زمان، قابلیت اطمینان، راحتی، ایمنی
Meers et al., 2017	بلژیک	SP	ریل، جاده، دریا، ترکیبی	هزینه، زمان، قابلیت اطمینان، فراوانی
Tapia et al., 2018	آرژانتین	(SP/RP)	ریل، جاده	هزینه،زمان، گم‌شدن و آسیب‌دیدگی، سرفاصله تاخیر، هزینه‌های بندر

همانطور که در جدول۲ هم مشاهده می‌شود، پارامترهای هزینه حمـل، زمـان حمل، مســـافت حمل بار و قابلیت اطمینان اهمیت خود را به خوبی نشان داده‌اند. همچنین پارامترهایی مربوط به نوع کالا، وزن، ارزش و آســیب و ناپدید شــدن بار در رده‌های بعدی اهمیت و نیز کیفیت، انعطاف‌پذیری و دسترسی از دیگر متغیرهای مهم در انتخاب وسـیله حمل بار را شـامل می‌شوند. در ادامه ابتدا به بررســی و توضــیحی از مهم‌ترین پارامتر در انتخاب وســیله حمل‌ونقل کالا، هزینه حمل‌ونقل پرداخته می‌شود و در ادامه آن با معرفی شاخص جدیدی تحت عنوان ارزش زمان جهت استفاده و بکارگیری در مطالعات و پژوهش‌های آینده انتخاب وسـیله حمل بار مطرح می‌گردد.

۳-۱- هزینه حمل‌ونقل بار

امروزه حمل‌ونقل کالا، سهم بالایی از اقتصاد صنعت حمل‌ونقل را در بر می‌گیرد، حال فقدان اطلاعات دقیق از مطلوبیت هر شیوه حمل‌ونقلی که چرخه اصلی این صنعت است، از زمره موضوعاتی است که می‌توان با بررسی آن و کسب اطلاعات مورد نظر، به کاهش هزینه حمل بار کمک نمود. به دلیل جهانی شدن و زنجیره تامین طولانی‌تر و پیچیده‌تر، لجستیک نقش مهم‌تری در توسعه زنجیره تامین موفق ایفا می‌کند. هزینه حمل‌ونقل بار به یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی کارایی زنجیره تامین تبدیل شده است(Zeng, & Rossetti, 2003). چندین مطالعه قبلی انواع مختلفی از هزینه‌های حمل‌ونقل را بررسی کرده‌اند. از مطالعات گذشته، سه دیدگاه برای هزینه‌های حمل‌ونقل بار قابل مورد نظر بوده است. نگرش اول از دیدگاه اپراتورهای حمل‌ونقل، هزینه‌های حمل‌ونقل بار به هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که آن‌ها برای ارائه خدمات متحمل می‌شوند. این هزینه‌ها به هزینه‌های عملیاتی اشاره دارد. نگرش دوم از دیدگاه صاحبان کالا، هزینه‌های حمل‌ونقل کالا عمدتاً به قیمت‌ها یا هزینه‌هایی اشاره دارد که به اپراتورهای حمل‌ونقل کالا می‌پردازند. برخی از صاحبان بار تمایل دارند برای حمل‌ونقل سریع‌تر و مطمئن‌تر هزینه بیشتری بپردازند. این ترجیحات باعث ایجاد ارزش هزینه‌های زمانی برای حمل‌ونقل بار می‌شود. نهایتا نگرش سوم از دیدگاه ملی، هزینه‌های حمل‌ونقل کالا شامل هزینه‌های مرتبط با جنبه‌های اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی است که شامل اجزای مالی، غیر مالی، محسوس و نامشهود می‌شود. این هزینه‌ها به هزینه‌های خارجی اشاره دارد(Izadi, Nabipour, & Titidezh, 2020). در شکل ٤ میزان مطالعات بررسی شده به تفکیک دیدگاه‌های فوق‌الذکر آورده شده است.

مطالعه‌ای با بررسی مدل‌های موجود حمل‌ونقل کالا و ارزیابی مناسب بودن گزینه‌های بالقوه موجود، مناسب‌ترین روش‌ها را برای استفاده در انگلستان توصیه کرده است. در این مطالعه، مدل‌سازی در زمینه حمل‌ونقل کالای جاده‌ای، به ویژه قیمت‌گذاری باید شامل انواع کالا، سیاست حمل‌ونقل، ویژگی‌های ارائه خدمات، ویژگی‌های وسیله نقلیه و افق‌های مدل باشد (Brinckerhoff, 2002).



شکل٤. درصد مطالعات بررسی شده بر اساس نوع هزینه (Izadi, Nabipour, & Titidezh, 2020)

مطالعه دیگری مدل هزینه حمل‌ونقل بین‌وجهی و توزیع بین‌وجهی را در محیط شهری در اروپا بررسی کرد. هدف این مطالعه مدل‌سازی یک سیستم حمل‌ونقل بین‌وجهی مبتنی بر راه‌آهن برای یک فرستنده مواد مصرفی روزانه توزیع‌کننده در یک منطقه شهری و ارزیابی آن از نظر هزینه و انتشار است. یافته‌ها نشان می‌دهد که کل هزینه حمل‌ونقل برای یک زنجیره حمل‌ونقل ترکیبی از کل هزینه تولید شده توسط حمل‌ونقل اصلی یعنی عملیات ریلی، کل هزینه برای حمل‌ونقل جاده‌ای شامل قبل و بعد از حمل‌ونقل به پایانه‌ها و کل هزینه برای جابه‌جایی پایانه تشکیل می‌شود. که از هزینه هر واحد انتقالی مرتبط با نوع پایانه به دست می‌آید(Kordnejad, 2014).

در پژوهشی که توسط کولوویچ صورت گرفت، مدل هزینه حمل‌ونقل بار بر اساس پارامترهای عملیاتی ناوگان کامیون بررسی شد. برای بررسی عوامل اصلی که ممکن است بر هزینه‌های حمل‌ونقل کالا تأثیر بگذارد، بررسی تأثیر پارامترهای عملیاتی ناوگان کامیون بر هزینه‌های حمل‌ونقل مفید است. مدل هزینه حمل‌ونقل ارائه شده توسط کولوویچ بر اساس پارامترهای عملیاتی ناوگان کامیون است. این پارامترها دارای ضرایب مختلفی هستند که میزان استفاده از ناوگان، زمان، ظرفیت کامیون و مسیر، میانگین سرعت و مسافت طی شده کامیون بارگیری شده را نشان می‌دهند(Kulović, 2004). ارتازار و ویلمسون عوامل تأثیرگذار

بر قیمت حمل بار را پنج عامل برشمرده‌اند(Ortúzar, & Willumsen, 2011).

۱- مدت زمان قرارداد که چنانچه شرکتی برای حمل کالا خود با شرکت باربری قرارداد طولانی مدت انعقاد کند، می‌تواند از تخفیف‌های ویژه برخوردار گردد.

۲- حجم بار، حجم بار زیاد و پایدار باعث کاهش قیمت حمل‌ونقل می‌گردد.

۳- موجود بودن تسهیلات حمل‌ونقل به عنوان مثال چنانچه شرکت گیرنده یا فرستنده نزدیک خطوط راه‌آهن باشد، این امر باعث کاهش هزینه حمل‌ونقل می‌گردد.

٤- استفاده از وسایل تحت مالکیت، شرکت‌های باربری ترجیح می‌دهند تا حد امکان از وسایل تحت تملک خود به علت پایین آوردن هزینه‌ها و قابلیت اطمینان بالاتر نسبت به خودروهای اجاره‌ای استفاده نمایند.

۵- سیستم حمل‌ونقل سلسله مراتبی بعنوان مثال چنانچه برای حمل نوع خاصی از مواد نفتی به وسیله‌ای ویژه نیاز باشد و این وسیله به منظور حمل دیگر کالاها کاربرد چندانی نداشته باشد، باعث افزایش هزینه حمل‌ونقل می‌گردد.

مطالعه‌ای به منظور انتخاب وسیله بار بین دو شهر سیدنی و ملبورن انجام شد. این پژوهش نگرش شرکت فرستنده کالا را نسبت به وسیله خاص حمل‌ونقل بررسی نمود. نتیجه‌ای که حاصل گردید، این بود که هزینه مهم‌ترین عامل در این انتخاب است. تصمیم شرکت فرستنده کالا بر استفاده از یک نوع وسیله به خصوص، بر مبنای عوامل گوناگون است. برخی از مطالعات براساس پرسشگری و تحلیل اطلاعات برداشت شده به این نتیجه رسیدند که ویژگی سرویس‌دهی به خصوص (عوارض، قیمت کمتر تحت هر شرایط و غیره) باعث اصرار شرکت‌ها بر استفاده از وسیله‌ای یکتا می‌گردد (Kim, Nicholson, & Kusumastuti, 2017; Gilmour, 1976).

۳-۲- ارزش زمان

ارزش زمان در حمل‌ونقل کالا معمولاً به ارزش پولی اشاره دارد که تصمیم گیرندگان (به عنوان مثال، حاملان و فرستنده‌ها) مایلند برای کاهش زمان حمل‌ونقل هنگام انتقال محموله از مبدا به مقصد بپردازند. آگاهی از این ارزش، سیاستگذاران را قادر می‌سازد تا تحلیل‌های هزینه-فایده پروژه‌های زیرساختی و بهبود خدمات را انجام دهند و تقاضای ترافیک را پیش‌بینی کنند (De Jong, 2007; Feo-Valero, García-Menéndez, & Garrido-Hidalgo, 2011). VOT حمل‌ونقل کالا در مقایسه با همتای خود مسافر، به دلیل تعداد زیاد تصمیم گیرندگان، فرآیندهای پیچیده مذاکره و داده‌های محدود، توجه تحقیقاتی بسیار کمتری را به خود جلب کرده است. مدل‌سازی انتخاب بار معمولاً یک فرد یا شرکت را به عنوان تنها تصمیم‌گیرنده فرض می‌کنند (Zhang, & Zhu, 2019; Tao, & Zhu, 2020). علاوه بر این، VOTها در حمل‌ونقل کالا ناهمگونی بیشتری را نشان می‌دهند، نه تنها به دلیل تنوع تعاریف کاربردی از زمان و روش‌های محاسبه کاربردی بلکه به دلیل ناهمگونی‌های ذاتی در حمل‌ونقل کالا (به عنوان مثال، اندازه محموله و ارزش حمل‌ونقل و موارد دیگر که تا حد زیادی متفاوت است). با توجه به تعاریف، معمولاً از زمان تحویل، زمان حمل‌ونقل و زمان سفر استفاده می‌شود (Zamparini, & Reggiani, 2007; Yu, Li, & Lou, 2018; Shires, & De Jong, 2009). با این حال، این سه تعریف خاص به صراحت توسط مطالعات قبلی متمایز نشده‌اند، و اکثر تحقیقات بر تعریف نسبتاً محدودی از زمان سفر متمرکز شده‌اند (Massiani, 2008; Zamparini, & Reggiani, 2007). علاوه بر این، تأثیر انتخاب روش‌های محاسبه بر نتایج VOT مورد توافق قرار نگرفته است (Wardman, 2004; Brownstone, & Small, 2005). از این رو، بررسی به طور خاص بر روی VOTهای به دست آمده از مدل‌های انتخاب گسسته (DCM)[۲] با استفاده از داده‌های حمل‌ونقل کالای مجزا تمرکز می‌کند، بنابراین پتانسیل ناهمگونی ناشی از رویکردهای مدل‌سازی مختلف را کاهش می‌دهد. لازم به ذکر است که از آنجایی که تنها مطالعات کمی در مورد اندازه و ارزش محموله، اطلاعات کمی ارائه می دهند، تأثیر آن‌ها بر VOTها در تحلیل‌ها قابل بررسی نیست. تا به امروز، بسیاری از مطالعات تعداد قابل توجهی از عوامل را که بر VOT در موقعیت‌های خاص تأثیر می‌گذارند، بررسی کرده‌اند. این مطالعات گزارش کردند که متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، انواع تصمیم گیرندگان، حالت‌های حمل‌ونقل، فاصله حمل‌ونقل، دسته‌های محموله و ارزش محموله همه بر VOTها تأثیر می‌گذارند(Zamparini, & Reggiani,

2007; Shinghal, & Fowkes, 2002; Zhang, Zhu, & Geng, 2018; de Jong, Vellay, & Houée, 2001; Kouwenhoven, et al., 2014). با جزئیات بیشتر، افزایش ۱ درصد در تولید ناخالص داخلی سرانه (GDPPC)[۳] گزارش شده است که به معنای افزایش ۰٫۶۸ درصد در VOT است (Zamparini, & Reggiani, 2007). علاوه بر این، VOTهای مختلف برای صادرکنندگان، حمل‌ونقل کالا و کارخانه‌های تولیدی اعمال می‌شود (Shinghal, & Fowkes, 2002). به دلیل تفاوت در ویژگی‌های محموله و الزامات تصمیم‌گیرندگان، محموله‌هایی با VOTهای متنوع معمولاً از طریق شیوه‌های مختلف حمل می‌شوند. در بین چهار حالت حمل‌ونقل (هوایی، جاده‌ای، ریلی و دریایی)، محموله‌های حمل‌ونقل هوایی دارای بالاترین VOT هستند، در حالی که محموله‌هایی که از طریق آب حمل می‌شوند کمترین VOT را دارند (Kouwenhoven, et al., 2014). محققان در مورد رابطه بین فاصله بار و VOT به توافق نرسیده‌اند (Meers, et al., 2017). محققان هم‌چنین پیشنهاد کردند که برای کارآمد بودن سیستم حمل‌ونقل، باید فرایند در زمان مقرر به اتمام برسد، که اهمیت زمان برای مسافت‌های کوتاه برجسته شود. این نتیجه‌گیری از دیدگاه تجربی تأیید شده است (Rotaris, et al., 2012). با این حال، مطالعات دیگری نتیجه معکوس را گزارش کردند (Masiero, & Hensher, 2012). پژوهش دیگری تایید کرد که کالاهای با ارزش بالا دارای VOT بالاتری نسبت به کالاهای کم ارزش هستند(Jovicic, 1998). اگرچه مطالعات موردی نشان داده است که تعدادی از عوامل برVOT حمل‌ونقل تأثیر می‌گذارند، تأثیرات کمی این عوامل بر VOT به طور همزمان مورد مطالعه قرار نگرفته است. تعداد اندکی از مطالعات بر VOT حمل‌ونقل متمرکز شده‌اند و معمولاً تنوع بیشتری را در کشش‌هایVOT بار نسبت به مطالعات VOT مسافری فرض می‌کنند (Yu, Li, & Lou, 2018). بررسی‌های مرتبط با ادبیات مربوط به VOT بار کمتر از مواردی است که به حمل‌ونقل مسافر می‌پردازد، و تنها تعداد محدودی از مطالعات چنین تحلیلی را برای حمل‌ونقل کالا انجام داده اند(Zamparini, & Reggiani, 2007; Feo-Valero, García-Menéndez, & Garrido-Hidalgo, 2011; De Jong, 2007). به طور خاص، محققانی کار پیشگامآن‌های در مورد مطالعه کمی VOT در حمل‌ونقل کالا انجام دادند. بررسی انجام شده، مطالعات موجود را که از DCM برای مطالعه انتخاب شیوه حمل‌ونقل استفاده می‌کنند، تحلیل می‌کند و به دو سؤال می‌پردازد: کدام عوامل کلان (یعنی عواملی در سطح ملی که توسط محققان قابل کنترل نیستند، از جمله عوامل اجتماعی-اقتصادی و عوامل فضا-زمان) و خرد (یعنی عواملی در سطح مدل که می‌توانند توسط محققین کنترل شوند، از جمله عوامل تصمیم‌گیرنده، عوامل شیوه حمل بار و عوامل مشخصات مدل) بر VOT در زمینه حمل‌ونقل کالا تأثیر می‌گذارند؟ این عوامل چقدر بر VOT تأثیر می‌گذارد؟ برای پاسخ به این دو سوال، مجموعه داده‌ها و عوامل اضافی در این مطالعه ادغام شده‌اند(Zamparini, & Reggiani, 2007; Bergkvist, & Westin, 2001). نویسندگان مقالات مروری تمایل به مطالعه تأثیر عوامل کلان برVOT را دارند (به عنوان مثال، عوامل اجتماعی-اقتصادی)، در حالی که نویسندگان مطالعات موردی اغلب تمایل بر مطالعات تأثیرات عوامل خرد (مانند عوامل تصمیم گیرنده، عوامل شیوه حمل‌ونقل و عوامل تعیین مدل)، بر VOT را دارند.

شرایط اجتماعی-اقتصادی به طور قابل توجهی بین کشورها یا مناطق متفاوت است، که منجر به VOTهای متنوعی از کشورها یا مناطق مورد بررسی می‌شود. GDPPC و حجم کالاهای حمل شده دو مورد از مرتبط‌ترین عوامل اجتماعی-اقتصادی برای VOTهستند. چندین مطالعهGDPPC را به عنوان یکی از عوامل اصلی که باعث افزایش VOT حمل‌ونقل بار و مسافر می‌شود، تایید کرده‌اند(Zamparini, & Reggiani, 2007). GDPPCبالاتر به معنای درآمد قابل تصرف بیشتر مصرف‌کنندگان است که مصرف آن‌ها را افزایش می‌دهد. برای ارضای تقاضای فزاینده مصرف کننده، تولیدکنندگان ترجیح می‌دهند کالاها را زودتر تحویل دهند. از این رو، GDPPC دارای احتمال افزایشی برای همبستگی مثبت با VOT است. با این حال GDPPC، مانند درجه سرویس‌دهی یک اقتصاد، می‌تواند به عنوان یک متغیر توضیحی برای شاخص‌های بیشتری به جز VOTعمل کند. سایر متغیرها ممکن است برای توضیح تغییرات درVOT مناسب‌تر از GDPPCباشند، مانند حجم کالاهای حمل شده (واحد: تن-کیلومتر)، زیرا نشان دهنده سطح توسعه حمل‌ونقل کالا در یک کشور یا منطقه است (Jovicic, 1998).

بطور کلی ارزش زمان سفر حمل‌ونقل کالا را می‌توان به عنوان هزینه پولی تفسیر کرد که فرستنده یا متصدی حمل‌کننده حاضر است برای کاهش زمان حمل به میزان یک واحد قربانی کند. در مدل، به عنوان نسبت بین پارامتر زمان و پارامتر هزینه محاسبه می‌شود. ارزش زمان سفر را می‌توان شامل ارزش موجودی کالای حمل‌ونقل و هزینه کامیون علاوه بر دستمزد راننده نیز تفسیر نمود.

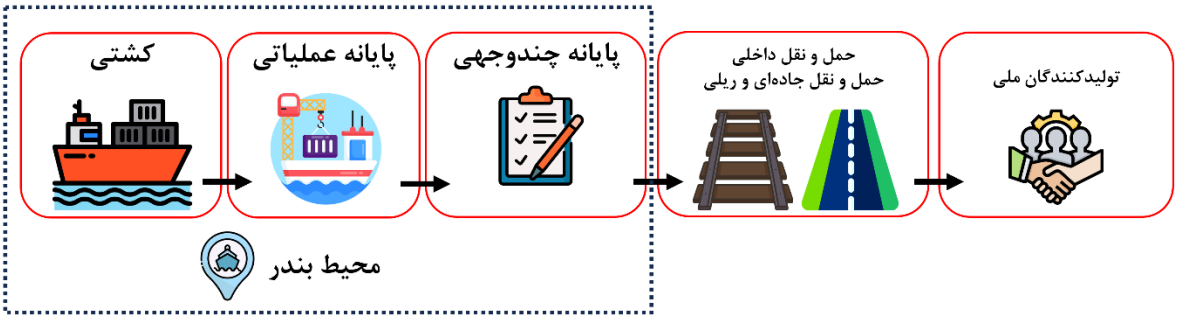
جدول۳. توصیف آماری ارزش زمان در مطالعات موجود (Tao, & Zhu, 2020)

منطقه	کشور/ کشورها	تعداد مطالعات	تعداد ارزش زمان محاسبه شده
آسیای شرقی	چین/ ژاپن/ کره‌جنوبی	۸/۱/۱	۱۱/٤/۲
آسیای جنوب شرقی	اندونزی/ لائوس/ تایلند	۲/۱/۱	۱۰/۱/۱
آسیای جنوبی	هند	۱	۳۰
اروپا جنوبی	ایتالیا/ اسپانیا	۳/۹	۲٤/۵۲
اروپای مرکزی	سوئیس	۷	۵۰
اروپای غربی	فرانسه/ هلند	۱/۲	۱۰/۱۵
اروپای شمالی	دانمارک/ سوئد	۲/۲	۱٦/۲٤
آمریکای شمالی	کانادا/ آمریکا	۱/۸	۱/۲۰
آمریکای جنوبی	برزیل	۱	۲
اقیانوسیه	استرالیا/ نیوزلند	۱/۲	۲/۱۷

٤- ذی‌نفعان حمل‌ونقل

شبکه وسیع ذی‌نفعان شامل اپراتورهای پایانه‌ها، فرستنده‌ها، نمایندگان دولتی، سازمان محیط‌زیست و سازمان‌های غیردولتی، محققان دانشگاهی و همچنین جوامع اطراف بنادر می‌شود، اما محدود به آن‌ها نیست و پیچیده‌تر است (Becker, & Caldwell, 2015; Mostashari, et al., 2011; Shaw, Grainger, & Achuthan, 2017; Notteboom, 2004). این ذی‌نفعان معمولاً منافع متفاوتی دارند. رقابت در جهت درآمد بالاتر، افزایش رضایت مشتری و کاهش اثرات زیست‌محیطی از جمله برخی از منافع ذی‌نفعان است (Panayides, 2006; Kujala, et al., 2022). در مدیریت عمومی، ذی‌نفعان به سه دسته داخلی، خارجی و رابط تقسیم می‌شوند. ذی‌نفعان داخلی شامل کارکنان و مدیران میانی هستند. ذی‌نفعان خارجی شامل جامعه محلی، دولت، تأمین‌کنندگان، رقبا و مشتریان هستند. در نهایت، ذی‌نفعان رابط توسط هیئت مدیره شرکت و حسابرس‌ها نمایندگی می‌شوند(Savage, et al., 1991). یک چارچوب ذی‌نفع جایگزین، در حالیکه عملکرد اجتماعی شرکت و رابطه بین شرکت‌ها و جامعه را ارزیابی می‌کند، شامل گروه‌بندی سهامداران به طبقات اولیه و ثانویه است. طبقه اول متشکل از ذی‌نفعانی است که رابطه رسمی با سازمان دارند و تأثیر مستقیم اقتصادی بر آن دارند. طبقه ثانویه شامل ذی‌نفعانی است که بر عملیات شرکت تأثیرگذارند یا تحت تأثیر قرار می‌گیرند، اما برای تداوم این عملیات ضروری نیستند(Clarkson, 1995). در زنجیره تأمین حمل‌ونقل، بازیگران معمولاً به دو دسته اصلی ذی‌نفعان خارجی و داخلی تقسیم‌بندی می‌شوند(Denktas-Sakar, & Karatas-Cetin, 2012; Becker, & Caldwell, 2015). محققان، ذی‌نفعان داخلی را کسانی تعریف می‌کنند که بخش‌هایی از سازمان حمل‌ونقلی را تشکیل می‌دهند و بطور کلی بیشتر به بازگشت سرمایه، ارزش ذی‌نفعان و ایجاد ثروت اهمیت می‌دهند. همچنین محققان ذی‌نفعان خارجی را به چهار گروه دیگر تقسیم کردند: گروه اقتصادی و یا قراردادی، گروه سیاست عمومی، گروه جامعه و یا محیط‌زیست و گروه دانشگاهی و یا تحقیقاتی این چهار گروه را تشکیل می‌دهند. ذی‌نفعان اقتصادی و

قراردادی در عملیات حمل‌ونقلی شرکت داشته و توسط اجاره‌کنندگان، شرکت‌های حمل‌ونقل، بیمه‌گران و سایر بخش‌های مربوطه مدیریت می‌شوند. ذی‌نفعان سیاست عمومی بیشتر به بخش‌های محلی، ایالتی و فدرال تقسیم می‌شوند و شامل سازمان‌های دولتی هستند که مسئولیت حمل‌ونقل و امور اقتصادی را بر عهده دارند. آژانس‌های محیط‌زیست، بخش‌های برنامه‌ریزی و آژانس مدیریت اضطراری بخش‌های مرتبط با این زمینه هستند. ذی‌نفعان جامعه و محیط‌زیست متشکل از گروه‌های محیطی، ساکنان آن بخش، گروه‌های اجتماعی و حتی عموم مردم هستند. در نهایت، ذی‌نفعان دانشگاهی و پژوهشی یک گروه بسیار مهم هستند؛ زیرا آن‌ها اغلب با اطلاعات مربوط به فرایند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مشارکت می‌کنند(Becker, & Caldwell, 2015; Parola, 2024). در یک تحقیق دیگر، طبقه‌بندی را پیشنهاد کردند که در آن ذی‌نفعان به چهار گروه ذی‌نفعان داخلی، ذی‌نفعان خارجی اقتصادی و یا قراردادی، ذی‌نفعان سیاست عمومی و ذی‌نفعان سهامداران جامعه تقسیم‌بندی می‌شوند(Caliskan, 2022). تعدادی از محققان استدلال کردند که سه دسته ذی‌نفعان آخر را می‌توان در یک دسته واحد از ذی‌نفعان خارجی طبقه‌بندی کرد که منجر به طبقه‌بندی ذی‌نفعان داخلی و خارجی فوق الذکر شد(Denktas-Sakar, & Karatas-Cetin, 2012). شکل ۵ یک نمایش ساده از بخش‌های مختلف حمل‌ونقل چندوجهی با بررسی ذی‌نفعان آن است که معمولاً در ادبیات فنی به آن پرداخته می‌شود(Wendler-Bosco, & Nicholson, 2020).



شکل۵. ذی‌نفعان کلیدی اولیه حمل‌ونقل چندوجهی(Wendler-Bosco, & Nicholson, 2020)

در صورت استفاده از حمل‌ونقل چندوجهی که مبتنی بر اصول و معیارهایی است که مزایای متعددی برای کلیه بازیگران زنجیره حمل و تجارت متصور است. تعدادی از آن‌ها به شرح زیر است: (Kiani, 2017)

-کاهش هزینه تمام شده حمل

-بکارگیری متناسب ظرفیت‌های حمل‌ونقلی در روش‌های مختلف

-اجتناب از سرمایه‌گذاری‌های مضاعف و مازاد در فرایند حمل

-افزایش رقابت‌پذیری صادرکنندگان کالاها و خدمات حمل‌ونقلی

-افزایش پوشش بازار برای کالاهای صادراتی

-کاهش قیمت تمام شده کالاهای وادراتی

-افزایش سطح انعطاف پذیری و قابلیت اعتماد در ارائه خدمات

-اقتصادی بودن مشارکت بخش غیردولتی در احداث زیرساخت‌های حمل‌ونقلی

استفاده بهینه از زیرساخت‌های حمل‌ونقلی موجود کشور جدول ٤ نشان‌دهنده مزایایی است که برای هر یک از ذی‌نفعان اصلی حمل‌ونقل چندوجهی قابل تصور است.

جدول٤. مزایای ذی‌نفعان کلیدی در حمل‌ونقل چندوجهی (Kiani, 2017)

مزایا	ذی‌نفعان							
	تولیدکنندگان کالا	متصدیان حمل‌ونقل چندوجهی	صادرکنندگان کالا	واردکنندگان کالا	مصرف‌کنندگان نهایی	کشورهای مبدا و مقصد	کشورهای واسط	سرمایه‌گذاران
کاهش هزینه تمام‌شده حمل	*	*	*	*	*	*	*	
بهره‌گیری از اقتصاد مقیاس	*	*	*	*		*		*
بهره‌گیری از اقتصاد منظر	*	*	*			*		
افزایش قدرت رقابت‌پذیری	*	*	*	*		*		
افزایش پوشش بازار	*	*	*				*	*
کاهش قیمت تمام‌شده کالاها	*		*	*	*	*		*
بکارگیری بهینه از ظرفیت‌های حمل‌ونقلی		*				*	*	*
افزایش مشارکت بخش خصوصی در احداث زیرساخت‌های حمل‌ونقل		*				*	*	*
ایجاد فرصت‌های شغلی	*					*	*	
استفاده بهینه از زیرساخت‌های موجود کشورها						*	*	

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود کشورهای مبدا و مقصد از جمله ذی‌نفعانی هستند که از تمامی مزایای حمل‌ونقل چندوجهی بهره‌مند می‌شوند و پس از آن دیگر ذی‌نفعان نظیر تولیدکنندگان کالا و متصدیان حمل‌ونقل چندوجهی، بیشترین مزیت را دارا هستند. اما در انتها مصرف‌کنندگان نهایی هستند که کمترین مزایا شامل آن‌ها خواهد شد.

۵-نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی و بررسی مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در انتخاب نوع وسیله حمل بار در تحقیقات پیشین با در نظرگیری حمل‌ونقل چندوجهی و نگاهی بر مهم‌ترین ذی‌نفان این حوزه صورت پذیرفت. انتخاب نوع وسیله حمل بار، یک موضوع مهم و حیاتی است که تاثیر مستقیمی بر عملکرد و کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل دارد. در این رابطه، پژوهش‌های مختلفی انجام شده است که به بررسی مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در انتخاب نوع وسیله حمل بار می‌پردازند که در این پژوهش به آن پرداخته شد. علاوه بر آن، توضیحات مفصلی در خصوص پرتکراترین شاخص مورد استفاده در تحقیقات پیشین، یعنی هزینه حمل بار و نیز به معرفی یک شاخص جدید تحت عنوان ارزش زمان جهت استفاده در تحقیقات آینده پرداخته شد. ارزش زمان سفر در حمل‌ونقل کالا به ارزش پولی اشاره دارد که تصمیم گیرندگان مایل هستند برای کاهش زمان حمل‌ونقل هنگام انتقال بار از مبدا به مقصد بپردازند. بطور کلی ارزش زمان سفر را می‌توان به عنوان هزینه پولی تفسیر کرد که فرستنده حاضر است برای کاهش زمان حمل به میزان یک واحد قربانی کند. از سوی دیگر، حمل‌ونقل چندوجهی می‌تواند بعنوان یک جایگزین رقابتی برای حمل‌ونقل تک‌وجهی در نظر گرفته شود. اما با این وجود، معایب و مشکلات متعددی بر سر راه این نوع روش حمل‌ونقل وجود دارد که نیازمند دانش ویژه و جدیدی است. بر اساس نتایج حاصله از این پژوهش، شاخص‌هایی نظیر

هزینه حمل بار، زمان حمل، مسافت حمل بار و قابلیت اطمینان از موثرترین شاخص‌های بررسی شده در انتخاب نوع وسیله حمل کالا مطرح گردید. همچنین شاخص‌های نوع کالا، وزن، ارزش و آسیب و ناپدید شدن بار بعنوان موثرترین شاخص‌ها در رده‌های بعدی اهمیت و نیز کیفیت، انعطاف‌پذیری و دسترسی از دیگر متغیرهای مهم در انتخاب وسیله حمل بار تعیین گردید.

٦- پی‌نوشت‌ها

1- Value of Time (VOT)
2- Discrete Choice Model (DCM)
3- Gross Domestic Product Per Capita (GDPPC)

۷- مراجع

-کیانی، مجتبی. (۱۳۹٦). شناسایی و ارزیابی فاکتورهای موثر بر انتخاب مدهای حمل‌ونقل کالا براساس مدل‌های لاجیت ترکیبی.

- یوسفی، مرضیه. (۱۳۹۳). حمل‌ونقل چندوجهی با تکیه بر حمل‌ونقل کانتینری دراستان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: سید عباس طباطبایی، اهواز، *دانشکده فنی و مهندسی*، گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

- غری، مجتبی. (۱۳۹۳). تاثیر حمل‌ونقل چندوجهی درافزایش بهره‌وری و کاهش هزینه حمل کالاها در بندر امام خمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: سید جعفر حجازی، اهواز: *دانشکده فنی و مهندسی*، گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

-Ahmed, U., & Roorda, M. J. (2022). Modelling carrier type and vehicle type choice of small and medium size firms. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* 160, 102655.

-Archetti, C., Peirano, L., & Speranza, M. G. (2022). Optimization in multimodal freight transportation problems: A Survey. *European Journal of Operational Research*, 299(1), 1-20.

-Archetti, C., Peirano, L., & Speranza, M. G. (2022). Optimization in multimodal freight transportation problems: A Survey. *European Journal of Operational Research*, 299(1), 1-20.

-Banomyong, R., & Beresford, A. K. (2001). Multimodal transport: the case of Laotian garment exporters. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(9), 663-685.

-Becker, A., & Caldwell, M. R. (2015). Stakeholder perceptions of seaport resilience strategies: A case study of Gulfport (Mississippi) and Providence (Rhode Island). *Coastal Management*, 43(1), 1-34.

-Bergkvist, E., & Westin, L. (2001). Regional valuation of infrastructure and transport attributes for Swedish road freight. *The Annals of Regional Science*, 35, 547-560.

-Boehm, M., Arnz, M., & Winter, J. (2021). The potential of high-speed rail freight in Europe: how is a modal shift from road to rail possible for low-density high value cargo? *European Transport Research Review,* 13, 1-11.

-Bontekoning, Y. M., Macharis, C., & Trip, J. J. (2004). Is a new applied transportation research field emerging?—A review of intermodal rail–truck freight transport literature. *Transportation Research Part A:* Policy and Practice, 38(1), 1-34.

-Brinckerhoff, P. (2002). Review of freight modelling. Final report, *UK Department for Transport*, London, UK.

-Brownstone, D., & Small, K. A. (2005). Valuing time and reliability: assessing the evidence from road pricing demonstrations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(4), 279-293.

-Caliskan, A. (2022). Seaports participation in enhancing the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134715.

-Feo, M., Espino, R., & Garcia, L. (2011). An stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea. *Transport Policy*, 18(1), 60-67.
-Feo-Valero, M., García-Menéndez, L., & Garrido-Hidalgo, R. (2011). Valuing freight transport time using transport demand modelling: a bibliographical review. *Transport Reviews,* 31(5), 625-651.
-Floden, J., Barthel, F., & Sorkina, E. (2010). Factors influencing transport buyer's choice of transport service: A European literature review. *The 12th WCTR Proceedings*, 29.
-Gilmour, P. (1976). Some policy implications of subjective factors in the modal choice for freight movements. *Logistics and Transportation Review*, 12(1).
-Gohari, A., Ahmad, A. B., Balasbaneh, A. T., Gohari, A., Hasan, R., & Sholagberu, A. T. (2022). Significance of intermodal freight modal choice criteria: MCDM-based decision support models and SP-based modal shift policies. *Transport Policy*, 121, 46-60.
-Golias, J. O. H. N., & Yannis, G. E. O. R. G. E. (1998). Determinants of combined transport's market share. *Transport Logistics*, 1(4), 251-264.
-Hanssen, T. E. S., Mathisen, T. A., & Jørgensen, F. (2012). Generalized transport costs in intermodal freight transport. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 54, 189-200.
-Holguín-Veras, J., Kalahasthi, L., Campbell, S., Gonzalez-Calderon, C. A., & Wang, X. C. (2021). Freight mode choice: Results from a nationwide qualitative and quantitative research effort. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 143, 78-120.
-Islam, D. M. Z. (2014). Barriers to and enablers for European rail freight transport for integrated door-to-door logistics service. Part 1: Barriers to multimodal rail freight transport. *Transport Problems*, 9(3), 43-56.
-Islam, D. M. Z., Ricci, S., & Nelldal, B. L. (2016). How to make modal shift from road to rail possible in the European transport market, as aspired to in the EU Transport White Paper 2011. *European Transport Research Review*, 8(3), 1-14.
-Izadi, A., Nabipour, M., & Titidezh, O. (2020). Cost models and cost factors of road freight transportation: A literature review and model
-Chen, P., Zhao, R., & Lan. Y. (2022). E-commerce platform canvassing and service upgrade in an ocean shipping supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 158, 102597.
-Choi, J. H., & Park, Y. H. (2020). Investigating paradigm shift from price to value in the air cargo market. *Sustainability*, 12(23), 10202.
-Christodoulou, A., & Kappelin, H. (2020). Determinant factors for the development of maritime supply chains: The case of the Swedish forest industry. Case Studies on Transport Policy, 8(3), 711-720.
-Clarkson, M. E. (1995). A stakeholder framework for analyzing and evaluating corporate social performance. Academy of management review, 20(1), 92-117.
-Cullinane, K., & Toy, N. (2000). Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 36(1), 41-53.
-de Dios Ortúzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling transport. John wiley & sons.
-De Jong, G. (2007). Value of freight travel-time savings. In Handbook of Transport Modelling: 2nd Edition 649-663 *Emerald Group Publishing Limited.*
-de Jong, G., Vellay, C., & Houée, M. (2001). A Joint Sp/Rp Model of Freight Shipments from The Region Nord-Pas De Calais. In Proceedings of The Aet European Transport Conference, Held 10-12 September, 2001, Homerton College, Cambridge, Uk-Cd-Rom.
-Denktas-Sakar, G., & Karatas-Cetin, C. (2012). Port sustainability and stakeholder management in supply chains: A framework on resource dependence theory. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 28(3), 301-319.
-Dua, A., & Sinha, D. (2019). Quality of multimodal freight transportation: a systematic literature review. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 8(2), 167-194.
-Dubey, R., Singh, T., Ali, S. S., & Tiwari, S. (2015). Contextual relationship among antecedents of truck freight using interpretive structural modelling and its validation using MICMAC analysis. *International Journal of Logistics Systems and Management,* 20(1), 42-58.

-Kumar, A., & Anbanandam, R. (2020). Analyzing interrelationships and prioritising the factors influencing sustainable intermodal freight transport system: A grey-DANP approach. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119769.
-Lee, H., Lee, J., & Lim, J. (2020). Decision Making Model Using Multiple Matrix Analysis for Optimum Transportation Equipment Selection of Modular Construction. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 21(6), 84-94.
-Ľoch, M., & Dolinayová, A. (2015). Evaluation Quality the freight Transport through Application of Methods multi-criteria Decision. *Procedia Economics and Finance*, 34, 210-216.
-Lu, C., Ye, Y., Fang, Y., & Fang, J. (2023). An optimal control theory approach for freight structure path evolution post-COVID-19 pandemic. *Socio-Economic Planning Sciences*, 85, 101430.
-Luk, J., & Chen, B. (1997). Evaluation of information available to assess road freight transport demand (No. ARR 308).
-Masiero, L., & Hensher, D. A. (2012). Freight transport distance and weight as utility conditioning effects on a stated choice experiment. *Journal of Choice Modelling*, 5(1), 64-76.
-Massiani, J. (2008). Can we use hedonic pricing to estimate freight value of time? (No. 08/2008). *EERI Research Paper Series.*
-McGinnis, M. A. (1990). The relative importance of cost and service in freight transportation choice: before and after deregulation. *Transportation Journal*, 12-19.
-Meers, D., Macharis, C., Vermeiren, T., & Van Lier, T. (2017). Modal choice preferences in short-distance hinterland container transport. *Research in Transportation Business & Management*, 23, 46-53.
-Meixell, M. J., & Norbis, M. (2008). A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *The International Journal of Logistics Management*, 19(2), 183-211.
-Mostashari, A., Nilchiani, R., Omer, M., Andalibi, N., & Heydari, B. (2011). A cognitive process architecture framework for secure and resilient seaport operations. *Marine Technology Society Journal*, 45(3), 120-127.
-Murphy, P. R., & Hall, P. K. (1995). The relative importance of cost and service in freight structure. *Fuzzy Information and Engineering*, 1-21.
-Jovicic, G. (1998, December). Application of models based on stated and revealed preference data for forecasting Danish International Freight Transport. *In Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University,* Vol. 5, No. 1.
-Kaewfak, K., Ammarapala, V., & Huynh, V. N. (2021). Multi-objective optimization of freight route choices in multimodal transportation. *International Journal of Computational Intelligence Systems,* 14(1), 794-807.
-Kahn, D., Deneubourg, J. L., & De Palma, A. (1981). Transportation mode choice. Environment and Planning A, 13(9), 1163-1174.
-Kalahasthi, L., Holguín-Veras, J., & Yushimito, W. F. (2022). A freight origin-destination synthesis model with mode choice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 157, 102595.
-Kim, H. C., Nicholson, A., & Kusumastuti, D. (2017). Analysing freight shippers' mode choice preference heterogeneity using latent class modelling. *Transportation Research Procedia*, 25, 1109-1125.
-Kim, J. J., & Turcios, J. A. A. (2023). Economic Evaluation of Route Choice Characteristics for Company Truck Drivers and Owner-Operator Truck Drivers in Southern California Freeways.
-Kim, J. J., Dominguez, S., & Diaz, L. (2020). Freight Demand Model for Southern California Freeways with Owner–Operator Truck Drivers.
-Kordnejad, B. (2014). Intermodal transport cost model and intermodal distribution in urban freight. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 125, 358-372.
-Kouwenhoven, M., de Jong, G. C., Koster, P., van den Berg, V. A., Verhoef, E. T., Bates, J., & Warffemius, P. M. (2014). New values of time and reliability in passenger transport in The Netherlands. *Research in Transportation Economics*, 47, 37-49.
-Kujala, J., Sachs, S., Leinonen, H., Heikkinen, A., & Laude, D. (2022). Stakeholder engagement: Past, present, and future. *Business & Society,* 61(5), 1136-1196.
-Kulović, M. (2004). Freight transport costs model based on truck fleet operational parameters. *PROMET-Traffic&Transportation,* 16(6), 321-325.

-Sarkar, B., & Biswas, A. (2021). Pythagorean fuzzy AHP-TOPSIS integrated approach for transportation management through a new distance measure. *Soft Computing,* 25(5), 4073-4089.
-Savage, G. T., Nix, T. W., Whitehead, C. J., & Blair, J. D. (1991). Strategies for assessing and managing organizational stakeholders. *Academy of management perspectives*, 5(2), 61-75.
-Shardeo, V., Patil, A., Madaan, J., & Dwivedi, A. (2023). Mode choice problem in the context of freight transportation: a systematic review and bibliometric analysis. *International Journal of Logistics Systems and Management,* 46(1), 95-120.
-Shaw, D. R., Grainger, A., & Achuthan, K. (2017). Multi-level port resilience planning in the UK: How can information sharing be made easier? *Technological Forecasting and Social Change*, 121, 126-138.
-Shin, S., Roh, H. S., & Hur, S. H. (2019). Characteristics analysis of freight mode choice model according to the introduction of a new freight transport system. *Sustainability*, 11(4), 1209.
-Shinghal, N., & Fowkes, T. (2002). Freight mode choice and adaptive stated preferences. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 38(5), 367-378.
-Shires, J. D., & De Jong, G. C. (2009). An international meta-analysis of values of travel time savings. *Evaluation and Program Planning*, 32(4), 315-325.
-Tao, X., & Zhu, L. (2020). Meta-analysis of value of time in freight transportation: A comprehensive review based on discrete choice models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 138, 213-233.
-Verga, J., Silva, R. C., & Yamakami, A. (2018). Multimodal transport network problem: classical and innovative approaches. *Soft Computing for Sustainability Science*, Vol. 171, No. 6, 359-367.
-Wang, Q. Z., Chen, J. M., Tseng, M. L., Luan, H. M., & Ali, M. H. (2020). Modelling green multimodal transport route performance with witness simulation software. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119245.
-Wardman, M. (2004). Public transport values of time. Transport policy, 11(4), 363-377.
-Wardman, M., Chintakayala, V. P. K., & de Jong, G. (2016). Values of travel time in Europe: transportation choice before and after deregulation: an update. *Transportation Journal*, 30-38.
-Notteboom, T. E. (2004). Container shipping and ports: an overview. *Review of Network Economics*, 3(2).
-Pamucar, D., Deveci, M., Gokasar, I., Martínez, L., & Köppen, M. (2022). Prioritizing transport planning strategies for freight companies towards zero carbon emission using ordinal priority approach. *Computers & Industrial Engineering,* 169, 108259.
-Panayides, P. M. (2006). Maritime logistics and global supply chains: towards a research agenda. *Maritime Economics & Logistics*, 8, 3-18.
-Parola, F. (2024). Intermodal corridors and sea–land logistics: What role should regulation play? In Maritime Ports, Supply Chains and Logistics Corridors, *Routledge*, 31-43.
-Patterson, Z., Ewing, G. O., & Haider, M. (2010). How different is carrier choice for third party logistics companies? *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(5), 764-774.
-Poltavskaya, J. O., & Lebedeva, O. A. (2020, November). Model for selecting transportation option based on an analysis characteristics of the freight system. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 971, No. 5, p. 052071). *IOP Publishing.*
-Premkumar, P., Gopinath, S., & Mateen, A. (2021). Trends in third party logistics–the past, the present & the future. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(6), 551-580.
-Romero Santamaría, L. (2023). Evaluación de atributos en la selección de servicios de carga por medio de modelación discreta. *El caso de la Red del Pacífico*.
-Rotaris, L., Danielis, R., Sarman, I., & Marcucci, E. (2012). Testing for nonlinearity in the choice of a freight transport service.
-Sałek, R. (2021). The importance of telematic information and logistics indicators for the management of the quality of transport services. *Production Engineering Archives*, 27(3), 176-183.
-Samimi, A., Kawamura, K., & Mohammadian, A. (2011). A behavioral analysis of freight mode choice decisions. *Transportation Planning and Technology*, 34(8), 857-869.

-Zamparini, L., & Reggiani, A. (2007). Meta-analysis and the value of travel time savings: a transatlantic perspective in passenger transport. Networks and Spatial Economics, 7, 377-396.
-Zeng, A. Z., & Rossetti, C. (2003). Developing a framework for evaluating the logistics costs in global sourcing processes: An implementation and insights. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,* 33(9), 785-803.
-Zhang, M., & Pel, A. J. (2016). Synchromodal hinterland freight transport: Model study for the port of Rotterdam. *Journal of Transport Geography*, 52, 1-10.
-Zhang, R., & Zhu, L. (2019). Threshold incorporating freight choice modeling for hinterland leg transportation chain of export containers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 130, 858-872.
-Zhang, R., Zhu, L., & Geng, Y. (2018). Revelation of choice behavior heterogeneity freight forwarder and shipper incorporating perception difference. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 40(5), 11-19.
Review and meta-analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 94, 93-111.
-Wendler-Bosco, V., & Nicholson, C. (2020). Port disruption impact on the maritime supply chain: a literature review. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(6), 378-394.
-Wise, R. J., & Fanam, P. (2023). Analysis of the Impacts of Freight Subsidisation on Transport Mode Selection: *An Assessment of the Tasmanian Freight Equalisation Scheme*.
-Xu, Q., Han, J., & Jin, Z. (2009). The Optimization on Transport Modes for a Container Multimodal Transportation System. *In Logistics, The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China*, 2919-2925.
-Yu, Y., Li, Y., & Lou, J. (2018, December). Modelling and evaluating the economics of inland waterway transport on the Hangyong canal, China. *In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, Thomas Telford Ltd.
-Zamparini, L., & Reggiani, A. (2007). Freight transport and the value of travel time savings: a meta□analysis of empirical studies. *Transport Reviews*, 27(5), 621-636.

Identifying and Investigating the Factors Affecting the Mode Choice of Freight Transportation in Supply Chain Logistics

Pouya Rahbar, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering,
Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

Mohammad Reza Khakbaz, Ph.D., Student, Department of Civil Engineering,
Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

Abdolreza Shekholeslami, Associate Professor, Department of Civil Engineering,
Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

E-mail: Sheikh@iust.ac.ir

Received: November 2024- Accepted: February 2025

ABSTRACT
The issue of goods transportation is the foundation of the progress of human societies and has a significant impact on communications between different countries. The most important parameters discussed in the transportation of goods include the volume of goods moved between origin and destination mode choice for moving goods, and the determination of the route and timing of these movements. Among these, the mode choice of transportation is of particular importance. Mode choice requires the use of relevant indicators and parameters for analysis and evaluation. Understanding these indicators and parameters related to the mode choice of transportation can determine the desirability of each mode and make a significant contribution to this process. The purpose of this research is to identify and investigate the most important and effective indicators used in the mode choice of transportation in previous studies, considering multi-modal transportation and looking at the most important characteristics of this field. In addition, the discussion of the most important and frequent indicator used in previous research, cost of transportation, and the introduction of a new indicator called value of time for use in future researches. The results of this research show that the indicators include transportation cost, travel time, distance, and reliability are the most effective indicators in the mode choice of transportation for goods. Additionally, indicators such as the type of goods, weight, value, damage, and disappearance of goods are considered as secondary importance indicators.

Keywords: Value of Time, Mode Choice, Stakeholders of Transportation, Multimodal Transportation, Freight Transportation