# اثر ابزارها و زیرساخت‌های تجارت الکترونیکی بر حمل و نقل جاده‌ای کالاها تحلیلی بر نظریه کارایی زنجیره تأمین و سیستم‌های حمل‌ونقل

**مقاله علمی-پژوهشی**

*ابراهیم انواری (نویسنده مسئول)، استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
احمد صلاح منش، دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
مهدی آل کثیر، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: e.Anvari@scu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۱۲- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۰۵
صفحه ۲۹۸-۲۸۱

**چکیده**

*توسعه تجارت الکترونیکی طی سال‌های اخیر، با ایجاد تحول در فرآیندهای لجستیکی و مدیریت زنجیره تأمین، نقش مهمی در ارتقای عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای ایفا کرده است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر زیرساخت‌ها و ابزارهای تجارت الکترونیکی بر عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در استان‌های کشور انجام شده است. در این پژوهش، میزان کالاهای حمل‌شده به‌عنوان متغیر وابسته و تعداد تردد شمارهای جاده‌ای، تعداد سیستم‌های توزین در حال حرکت، تعداد بارنامه‌های صادر شده، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند. داده‌های مورد استفاده به صورت تابلویی و در سطح استان‌های کشور طی دوره زمانی ۱۴۰۳-۱۳۸۹ گردآوری و با بهره‌گیری از مدل داده‌های تابلویی تجزیه و تحلیل شده اند. برای انتخاب الگوی مناسب، آزمون‌های F لیمر و هاسمن و همچنین آزمون‌های تشخیصی مرتبط انجام شد. نتایج برآورد مدل نشان داد که تعداد تردد شمارهای جاده‌ای، تعداد سیستم‌های توزین در حال حرکت، تعداد بارنامه‌های صادر شده و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری، اثر مثبت و معناداری بر میزان کالاهای حمل شده دارند. همچنین سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری نیز دارای اثر مثبت بوده، اما از نظر آماری در سطح اطمینان پایین‌تری معنادار بوده است. یافته‌ها بیانگر آن است که توسعه زیر ساخت‌های دیجیتال، استقرار سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل و گسترش خدمات تجارت الکترونیکی، از طریق افزایش شفافیت اطلاعات، کاهش هزینه‌های مبادله، بهبود مدیریت ناوگان و ارتقای بهره‌وری شبکه حمل‌ونقل، موجب افزایش ظرفیت جابه‌جایی کالا می‌شوند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران ضمن توسعه زیر ساخت‌های نرم‌افزاری و هوشمند سازی شبکه حمل‌ونقل، بر یکپارچه سازی سامانه‌های اطلاعاتی و حمایت از سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین حمل‌ونقل و تجارت الکترونیکی تمرکز بیشتری داشته باشند.*

**واژه‌های کلیدی:** تجارت‌الکترونیکی، حمل‌ونقل جاده‌ای کالا، زیرساخت‌های دیجیتال، حمل‌ونقل هوشمند، بارنامه‌الکترونیکی

## ۱- مقدمه

حمل‌ونقل یکی از ارکان اساسی توسعه اقتصادی، اجتماعی و تجاری کشورها محسوب می‌شود و نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش بهره‌وری، توسعه تجارت، یکپارچگی بازارها و ارتقای رقابت‌پذیری اقتصادی دارد. کارایی شبکه حمل‌ونقل نه تنها

بر کاهش هزینه‌های مبادله و تسهیل جریان کالا و خدمات اثرگذار است، بلکه به عنوان یکی از شاخص‌های اصلی توسعه زیرساختی، رشد اقتصادی پایدار و توسعه منطقه‌ای نیز شناخته می‌شود. در اقتصاد جهانی امروز، رقابت‌پذیری کشورها بیش از گذشته به کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل و لجستیک وابسته است؛ به گونه‌ای که توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، پیش‌شرط گسترش تجارت داخلی و بین‌المللی و افزایش بهره‌وری زنجیره تأمین محسوب می‌شود (OECD, 2023; World Bank, 2023).

در ایران نیز حمل‌ونقل جاده‌ای مهم‌ترین شیوه جابه‌جایی کالا به شمار می‌رود. گستردگی شبکه راه‌های کشور، پراکندگی مراکز تولید و مصرف، محدودیت ظرفیت حمل‌ونقل ریلی، انعطاف‌پذیری بالا، دسترسی آسان و هزینه نسبتاً پایین، موجب شده است که بخش عمده حمل کالا از طریق شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای انجام شود. از این‌رو، افزایش بهره‌وری این بخش، نقش مهمی در کاهش هزینه‌های لجستیکی، بهبود رقابت‌پذیری بنگاه‌های اقتصادی، توسعه تجارت و رشد اقتصادی کشور ایفا می‌کند. در دهه‌های اخیر، هم‌زمان با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، تجارت الکترونیکی به یکی از مهم‌ترین محرک‌های تحول دیجیتال در اقتصاد تبدیل شده است. تجارت الکترونیکی فراتر از خرید و فروش اینترنتی کالا و خدمات، مجموعه‌ای از فرآیندهای الکترونیکی شامل تبادل اطلاعات، پرداخت‌های دیجیتال، مدیریت سفارش‌ها، صدور اسناد الکترونیکی، مدیریت زنجیره تأمین، لجستیک هوشمند و تبادل داده میان ذی‌نفعان است (UNCTAD, 2024). توسعه این فناوری موجب کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش شفافیت اطلاعات، تسریع فرآیندهای تجاری و ارتقای هماهنگی میان اجزای زنجیره تأمین شده است؛ موضوعی که در نظریه هزینه‌های مبادله و اقتصاد نهادی نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

رشد سریع تجارت الکترونیکی، ماهیت صنعت حمل‌ونقل و لجستیک را نیز دستخوش تغییرات اساسی کرده است. افزایش حجم سفارش‌های برخط، توسعه بازارهای دیجیتال و گسترش خدمات تحویل کالا، نیازمند شبکه‌ای کارآمد، هوشمند و مبتنی بر داده در بخش حمل‌ونقل است. در این راستا، ابزارهایی نظیر بارنامه الکترونیکی، سامانه‌های مدیریت ناوگان، سیستم‌های ردیابی برخط[1]، سامانه‌های توزین در حال حرکت[2]، ترددشمارهای هوشمند، سامانه‌های مدیریت ترافیک و تبادل الکترونیکی داده‌ها، به عنوان اجزای اصلی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند[3]، نقش مهمی در افزایش کارایی عملیات حمل‌ونقل ایفا می‌کنند (International Transport Forum, 2023).

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که دیجیتالی شدن صنعت حمل‌ونقل موجب کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش بهره‌وری ناوگان، بهبود قابلیت ردیابی کالا، کاهش زمان تحویل، افزایش شفافیت اطلاعات، ارتقای کیفیت خدمات و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی شده است (Chen et al, 2022; Egodawele et al, 2022; Risberg, 2022). همچنین توسعه زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مرتبط با تجارت الکترونیکی، زمینه استقرار لجستیک هوشمند و حمل‌ونقل دیجیتال را فراهم ساخته و موجب افزایش انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین در برابر شوک‌های اقتصادی و بحران‌های جهانی شده است (UNCTAD, 2024).

در ایران نیز طی سال‌های اخیر توسعه سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل، صدور بارنامه الکترونیکی، تجهیز محورهای مواصلاتی به سامانه‌های تردد شمار و توزین در حال حرکت و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال، گام‌های مهمی در جهت هوشمند سازی حمل‌ونقل جاده‌ای برداشته شده است. با این حال، اغلب مطالعات داخلی به بررسی ابعاد فنی سامانه‌های هوشمند یا آثار کلی تجارت الکترونیکی پرداخته‌اند و پژوهش‌های اندکی رابطه تجربی میان ابزارهای تجارت الکترونیکی و عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای را با استفاده از داده‌های استانی و روش‌های اقتصاد سنجی پانلی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. این خلأ پژوهشی موجب شده است که شواهد تجربی کافی برای سیاست گذاری در زمینه توسعه زیرساخت‌های دیجیتال حمل‌ونقل در کشور وجود نداشته باشد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ابزارها و زیرساخت‌های تجارت الکترونیکی بر عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در استان‌های کشور انجام شده است. در این مطالعه، تعداد ترددشمارهای جاده‌ای، تعداد سامانه‌های توزین در حال حرکت، تعداد بارنامه‌های صادرشده، سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های نرم‌افزاری و سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های سخت‌افزاری به عنوان شاخص‌های توسعه تجارت الکترونیکی و حمل‌ونقل هوشمند در نظر گرفته شده و تأثیر آنها بر میزان کالاهای حمل شده با استفاده از مدل داده‌های تابلویی بررسی

می شود. نتایج این پژوهش می‌تواند شواهد علمی ارز شمندی برای سیاست‌گذاران، وزارت راه و شهرسازی، سازمان راهداری و سایر نهادهای مرتبط در جهت توسعه زیرساخت‌های هوشمند، افزایش بهره‌وری حمل‌ونقل جاده‌ای و تقویت اقتصاد دیجیتال کشور فراهم آورد.

## ۲- پیشینه تحقیق

رابطه میان تجارت، فناوری و حمل‌ونقل همواره یکی از موضوعات اساسی در اقتصاد بوده است. با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، این رابطه وارد مرحله‌ای جدید شد و مفهوم تجارت الکترونیکی به‌عنوان ابزاری برای افزایش کارایی زنجیره تأمین و شبکه‌های حمل‌ونقل مطرح گردید. کوز در سال ۱۹۳۷ وجود هزینه‌های مبادله را عامل شکل گیری بنگاه‌ها می‌دانست. این هزینه‌ها شامل هزینه جست‌وجوی اطلاعات، مذاکره، انعقاد قرارداد، نظارت و اجرای تعهدات بوده است. این نظریه یکی از مهم‌ترین مبنای تبیین آثار اقتصادی فناوری‌های دیجیتال بر تجارت و حمل‌ونقل است. بر اساس این نظریه هر فناوری که بتواند این هزینه‌ها را کاهش دهد، موجب افزایش کارایی اقتصادی و بهبود عملکرد بازار می شود (Coase,1973). این دیدگاه بعدها توسط (Williamson, 1985) به شکل‌گیری نظریه اقتصاد هزینه‌های مبادله در قالب اقتصاد نهادی جدید انجامید. بر اساس این نظریه علت اصلی ایجاد هزینه‌های مبادله در سه ویژگی اساسی مبادلات اقتصادی شامل عقلانیت محدود[4]، رفتار فرصت‌طلبانه[5]و ویژگی اختصاصی دارایی‌ها[6] است. از آنجا که تصمیم‌گیرندگان قادر به پیش‌بینی همه شرایط آینده نیستند و برخی بازیگران ممکن است در جهت منافع شخصی خود رفتار کنند، قراردادها همواره ناقص هستند و اجرای آنها مستلزم صرف هزینه است. بنابراین کیفیت نهادها، فناوری اطلاعات و سازوکارهای نظارتی نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش این هزینه‌ها ایفا می‌کنند.

در دهه ۱۹۷۰، توسعه فناوری‌های ارتباطی و رایانه‌ای موجب شکل‌گیری نخستین سامانه‌های تبادل الکترونیکی داده‌ها شد. این سامانه‌ها در کاهش زمان پردازش اطلاعات و هزینه‌های اداری به‌ویژه در صنعت حمل‌ونقل، زمینه‌ساز دیجیتالی شدن فرآیندهای لجستیکی و هماهنگی بهتر میان تولیدکنندگان، شرکت‌های حمل‌ونقل و مشتریان شد (Emmelhainz, 1993). با توسعه نظریه هزینه‌های مبادله، ساختارهای سازمانی و فناوری‌های نوین را در کاهش هزینه‌های ناشی از عدم اطمینان، فرصت‌طلبی و اطلاعات نامتقارن موثر دانستند. از این منظر، تجارت الکترونیکی بستری برای کاهش هزینه های هماهنگی، افزایش شفافیت اطلاعات و بهبود تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین است. این نظریه به‌طور گسترده در مطالعات اقتصاد حمل‌ونقل و لجستیک برای تحلیل آثار فناوری‌های دیجیتال مورد استفاده قرار گرفت (Williamson, 1985). در دهه ۱۹۹۰ و هم‌زمان با گسترش اینترنت، مفهوم تجارت الکترونیکی به‌عنوان استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی برای انجام مبادلات تجاری، انتقال اطلاعات و مدیریت فرآیند های کسب‌وکار به ادبیات اضافه شد. بر اساس این نظریه تجارت الکترونیکی با کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش سرعت انجام معاملات، بهبود دسترسی به بازارها و افزایش رقابت‌پذیری بنگاه‌ها همراه بوده است(Kalakota & Whinston, 1997).

برنامه هوشمند سازی حمل‌ونقل که در دهه ۹۰ میلادی به یکی از محورهای اصلی توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل در سطح جهانی بدل شد، ریشه‌های شکل‌گیری خود را در فعالیت‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای دهه ٦۰ میلادی دارد. این برنامه‌ها نخست در ایالات متحده آمریکا و تحت هدایت دولت فدرال، با همکاری مشترک صنعت و دانشگاه‌ها آغاز شدند و هدف اصلی آن‌ها ایجاد تحول اساسی در شیوه‌های مدیریت جابه‌جایی، افزایش کارایی شبکه های حمل‌ونقل و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی بود. این رویکرد، با تمرکز بر بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ارتباطی، سامانه‌های مدیریت هوشمند ترافیک و ابزارهای تحلیل داده، تلاش کرد ساختار سنتی حمل‌ونقل را به سامانه‌ای پویا، واکنش‌پذیر و مبتنی بر اطلاعات تبدیل کند. بر اساس این دیدگاه، حمل‌ونقل هوشمند نه یک فناوری منفرد، بلکه یک چارچوب تلفیقی است که از تعامل میان تحقیقات علمی، توسعه صنعتی و سیاست‌گذاری کلان شکل می‌گیرد (فریبرزی‌عراقی و همکاران، ۱۳۸۱: ٥٦).

در سال ۱۹۱۰ نظریه‌ای در حوزه حمل‌ونقل شهری مطرح شد که بر توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی با هدف کاهش ازدحام و تراکم در شهرها تأکید داشت. این نظریه با شناسایی چالش‌های ناشی از رشد سریع جمعیت شهری و افزایش نیاز به جابجایی، به ارائه راهکارهایی برای مدیریت ترافیک، توسعه خطوط ارتباطی و بهبود دسترسی شهروندان به خدمات حمل‌ونقل پرداخت. محور اصلی این دیدگاه، استفاده از

فناوری‌ها و زیر ساخت‌های نوین جهت تأمین جابجایی سریع، ارزان و منظم بود تا ضمن کاهش زمان سفر و هزینه‌ها، کیفیت زندگی شهری ارتقا یابد. این نظریه همچنین بر ایجاد پیوند میان مراکز فعالیت اقتصادی و سکونت‌گاه‌ها از طریق سیستم‌های حمل‌ونقل یکپارچه تأکید داشت و راهبردهایی را برای استفاده بهینه از زمین با توجه به نیازهای طبقات مختلف جامعه پیشنهاد می‌کرد (اباذری، ۱۳۹۰: ۲۰).

نظریه‌های مربوط به حمل‌ونقل شهری از دهه ۱۹۶۰ به‌تدریج به سمت تسهیل جریان حرکت وسایل نقلیه در بستر شبکه‌های معابر شهری شکل گرفتند. این نظریه‌ها، که حاصل بررسی‌ها و تحلیل‌های متخصصان حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی شهری در آن دوران بودند، بیشتر بر توسعه زیرساخت‌های فیزیکی، تعریض خیابان‌ها، احداث بزرگراه‌ها و بهبود سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی به‌منظور کاهش تراکم و روان‌سازی ترافیک متمرکز بودند. هدف اصلی این رویکرد، ارتقاء ظرفیت عبوری شبکه شهری و کاهش زمان سفر بود تا بتوان پاسخ‌گوی رشد سریع تقاضا برای حمل‌ونقل در شهرهای در حال توسعه باشد (پاکزاد، ۱۳۸٦).

تحول دیجیتال در تحقیقات اخیر باتغییر در ساختار شبکه‌های حمل‌ونقل از سیستم‌های سنتی به شبکه‌های هوشمند و یکپارچه همراه بوده است. به طوری که رقابت در تجارت الکترونیکی از قیمت یا کیفیت کالا به سرعت تحویل، قابلیت ردیابی، انعطاف‌پذیری شبکه حمل‌ونقل و کیفیت خدمات تبدیل شده‌اند. توسعه تجارت الکترونیکی با ایجاد پلتفرم‌های دیجیتال، ساختار سنتی بازار حمل‌ونقل را متحول کرده است. در این رویکرد، پلتفرم‌ها با اتصال تولیدکنندگان، شرکت‌های حمل‌ونقل، انبارها و مشتریان، هزینه‌های مبادله را کاهش داده، جریان اطلاعات را تسریع کرده و بهره‌وری زیرساخت‌های حمل‌ونقل جاده‌ای را افزایش می‌دهند. البته این پلتفرم‌ها به کیفیت زیرساخت‌های فیزیکی (شبکه راه‌ها و مراکز لجستیکی) و زیرساخت‌های دیجیتال (اینترنت، داده و سامانه‌های اطلاعاتی) وابسته است (Risberg, 2022; Chen et al, 2022; Egodawele, 2022).

در اقتصاد دیجیتال، اهمیت نظریه هزینه‌های مبادله بیش از گذشته آشکار شده است. تحول دیجیتال باعث شده است که اطلاعات به مهم‌ترین دارایی راهبردی سازمان‌ها تبدیل شود و هزینه دستیابی، پردازش و انتقال اطلاعات به میزان قابل توجهی کاهش یابد. تجارت الکترونیکی دقیقاً از همین سازوکار استفاده می‌کند؛ به این معنا که با دیجیتالی کردن فرآیندهای تجاری، بسیاری از هزینه‌های سنتی مبادلات حذف یا به شدت کاهش می‌یابد. سامانه‌های الکترونیکی سفارش، قراردادهای دیجیتال، پرداخت‌های برخط، بارنامه‌های الکترونیکی، سامانه‌های مدیریت ناوگان و تبادل الکترونیکی داده‌ها نمونه‌هایی از ابزارهایی هستند که هزینه‌های جستجو، هماهنگی و نظارت را کاهش داده و سرعت انجام مبادلات را افزایش می‌دهند.

توسعه حمل‌ونقل نتیجه تعامل مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی، اجتماعی، فناورانه، زیست‌محیطی و سیاستی است که هر یک می‌توانند مسیر پیشرفت این حوزه را تعیین کنند. عوامل اقتصادی، از جمله سرمایه‌گذاری در زیر ساخت و تخصیص منابع مالی، زمینه ایجاد و نگهداری شبکه‌های حمل‌ونقل را فراهم می‌سازند و با کاهش هزینه‌های عملیاتی، رقابت‌پذیری را افزایش می‌دهند. عوامل اجتماعی همچون رشد جمعیت، الگوهای سفر و نیازهای متنوع شهروندان، شکل و حجم تقاضای حمل‌ونقل را تغییر داده و ضرورت برنامه‌ریزی دقیق را ایجاب می‌کنند. پیشرفت‌های فناورانه، به‌ویژه در حوزه حمل‌ونقل هوشمند، سیستم‌های مدیریت ترافیک و تجارت الکترونیک، موجب افزایش بهره‌وری، بهبود ایمنی و کاهش زمان انتقال می‌شوند. از سوی دیگر، ملاحظات زیست‌محیطی با تأکید بر کاهش آلاینده‌ها و مصرف سوخت پاک، توسعه پایدار را در حمل‌ونقل هدف‌گذاری می‌کنند. نهایتاً، سیاست‌ها و قوانین حاکمیتی با ایجاد چارچوب‌های مقرراتی، تدوین استانداردها و حمایت از نوآوری، نقش راهبردی در جهت‌دهی به مسیر توسعه حمل‌ونقل ایفا می‌کنند. تلفیق این عوامل، منجر به ایجاد یک سیستم حمل‌ونقل کارآمد، پایدار و متناسب با نیازهای آینده خواهد شد.

تجارت الکترونیک با ایجاد بسترهای دیجیتال برای مبادله کالا، خدمات و اطلاعات، نقشی اساسی در تحول و توسعه بخش حمل‌ونقل ایفا می‌کند. این بستر امکان ارتباط مستقیم و لحظه‌ای میان تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان، مشتریان و شرکت‌های حمل‌ونقل را فراهم ساخته و فرآیندهای سفارش‌گیری، پردازش، ردیابی و تحویل کالا را به‌صورت هوشمند و یکپارچه مدیریت می‌کند. با استفاده از سامانه‌های آنلاین مدیریت ناوگان، برنامه‌ریزی مسیر و زمان‌بندی حمل‌ونقل، هزینه‌های عملیاتی کاهش یافته و بهره‌وری افزایش می یابد. همچنین

تجارت الکترونیک، با گسترش بازارهای جغرافیایی و افزایش حجم مبادلات، نیاز به شبکه‌های حمل‌ونقل گسترده و مجهز را تقویت کرده و موجب سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نوین و فناوری‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌شود.

این روند، علاوه بر افزایش سرعت تحویل و کیفیت خدمات، به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی از طریق بهینه‌سازی مسیرها و مدیریت مصرف سوخت کمک می‌کند. در نتیجه، تجارت الکترونیک به عنوان یک محرک مهم، نه‌تنها کارایی و ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل را افزایش می‌دهد، بلکه زمینه‌ساز ارتقای رقابت‌پذیری و توسعه پایدار آن نیز می‌گردد.

امیری و همکاران (۱۴۰۳) نقش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند با رویکرد حمل‌ونقل جاده‌ای و پیاده سازی سامانه هو شمند را بررسی کرده ا ند. یافته ها حاکی از کاهش آلودگی هوا (۲۵ درصد در سیدنی طبق آمار)، کاهش مصرف سوخت (۱۰ درصد در پاریس طبق آمار)، افزایش کارایی و نظارت بر جریان ترافیک در شهرهای بزرگ جهان به دلیل استفاده از سیستم حمل و نقل هو شمند بوده ا ست. همچنین برر سی ها نشان داد از برخی سیستم‌های هوشمند مانند شمارنده‌های آنلاین ترافیک، توزین متحرک، نمایشگرهای پیام و دوربین‌های کنترل و نظارت سرعت در ا ستان‌های ایران تا پایان سال ۱۴۰۰ هجری نیز استفاده شده است. بیرانوند و همکاران (۱۴۰۳) در مقا له‌ای با عنوان امکان‌سنجی تدوین استراتژی ها و برنامه‌های عملیاتی بوم‌گرا برای تو سعه سیستم‌های حمل‌ونقل هو شمند شهر خرم‌آباد نشان دادند که این شهر از نظر تو سعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در وضعیت نامناسبی قرار داشته است. در مورد اهداف کلان حمل‌ونقل هوشمند، به ترتیب اولویت با ایمنی، رضایت عمومی، بهبود محیط زیست و کاهش مصرف انرژی و زمان تأخیر بوده است. همچنین در مورد شش محور توسعه حمل‌ونقل هوشمند، به ترتیب اولو یت با سیاست‌های مدیریتی و سازمانی، تأمین مالی، منابع انسانی، زیر ساخت‌های فنی، محیط فرهنگی و امور حقوقی بوده ا ست.

شریف‌طهرانی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان برر سی و تحلیل اثرات اجرای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند درکارایی سیستم حمل و نقل همگانی شهر مشهد نشان دادند که اجرای سیستم‌های حمل و نقل هو شمند تأثیر قابل توجهی در بهبود عملکرد حمل و نقل عمومی مشهد داشته و سرمایه‌گذاری در این بخش، نتایج مطلوبی در عملکرد ناوگان حمل و نقل عمومی در مقایسه با پروژه‌های مشابه داشته است.

فرخ‌دوست و اسدی (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان بررسی ا ستراتژی‌های تجارت الکترونیک در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند نشان دادند راهکارهای فناوری اطلاعات و ادغام سیستم‌های الکترونیکی، ارتباطات، ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات و کنترل تو سط سیستم‌های حمل و نقل، برای کاهش ازدحام ترافیک، افزایش خدمات فوری، صرفه‌جویی در نیروی انسانی، کاهش زمان حمل و نقل، افزایش راحتی مسافران، جلوگیری از اتمام منابع انرژی و از همه مهم‌تر، کاهش آلودگی محیط زیست موثر بوده است. نتایج نشان داد فقدان یک برنامه استراتژیک برای سیستم‌های هوشمند نه تنها باعث تکرار سرمایه‌گذاری‌های مشترک در زیرساخت‌های جامعه شده، باعث ناسازگاری و عدم تطابق این سیستم‌ها با یکدیگر نیز شده است. قمری و همکاران (۱۳۹٤) ارز یابی عملکرد ابعاد و شاخص‌های تجارت الکترونیک در صنعت حمل و نقل را در شرکت مرکزی راه آهن جمهوری اسلامی ایران بررسی کرده اند. مطابق نتایج الزامات پشتیبانی در وضعیت مطلوب، الزامات شبکه مخابراتی در وضعیت نزدیک به مطلوب، الزامات فنی-فناورانه در وضعیت نامطلوب و هشدار، الزامات اجتماعی-فرهنگی در وضعیت نامطلوب و هشدار و الزامات حقوقی-قانونی در وضعیت نامطلوب و هشدار قرار داشته است. همچنین در بین شاخص‌ها، شاخص وجود متخصصان ماهر در حوزه نهادهای حمایتی بالاترین امتیاز و شاخص حفاظت از مالکیت معنوی کمترین امتیاز را داشته است.

رزمجویی و حیدری (۱۳۹۳) اثر تجهیزات الکترونیکی در ایمن سازی حمل و نقل کانتینری را در ایران به روش تو صیفی بررسی کرده‌اند. مطابق نتایج با الکترونیکی کردن حمل و نقل کانتینرها و پایش هوشمندانه آنها می‌توان سطح ایمنی، شناسایی راحت محتوای کانتینرها و جلوگیری از قاچاق آنها را انجام داد.

صالحی‌صدیقانی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر فن‌آوری اطلاعات بر صنعت حمل و نقل در ایران را بررسی کردند. این تحقیق با روش پرسشنامه‌ای به هدف شناسایی متغیرهای تاثیرگذار فن‌آوری اطلاعات بر صنعت حمل و نقل پرداخته ا ست. نتایج نشانگر تاثیرگذاری مثبت شتاب استقرار سیستم‌های هوشمند در سیستم حمل و نقل کشور و بسترهای اجرای آنها بوده ا ست.

مغیثی و همکاران (۱۳۸٦) اثر مدیریت حمل و نقل هوشمند و حلقه موثر درتجارت الکترونیکی را بررسی کرده اند.

این تحقیق در واحد حمل و نقل تهران-کرج و با نصب سیستم جایاب در حمل و نقل جاده‌ای انجام شده است. دراین تحقیق ویژگی‌های عمومی سیستم جایاب، اجزای تشکیل دهنده آن، پروتکل های انتقال داده ها و امکانات نرم‌افزاری در تاثیر این ابزار تجارت الکترونیکی بر حمل و نقل کالای جاده‌ای بررسی شده است. روش تحقیق پایش روزانه سیستم جایاب در کامیونهای شرکت حمل و نقل بوده است. نتایج نشانگر موثر بودن این سیستم بر پایین آوردن هزینه خدمات و بهبود کیفیت سرویس‌های ارائه شده به مشتریان و در نهایت ارتقاء کیفیت تجارت الکترونیک بوده است.

Michielsen et al (2025) نقاط عطف تجارت الکترونیک و ارتباط رو به رشد آن با حمل و نقل هوایی را بررسی کرده اند. این مقاله سه نکته کلیدی را ارائه داده است. اول، این تحلیل تاریخی، تکامل تجارت الکترونیک را در متن قرار می‌دهد و درک ساختاریافته‌ای از مهم‌ترین نقاط عطف آن ارائه می‌دهد. دوم، وابستگی متقابل فزاینده بین هوانوردی و تجارت الکترونیک را با تمرکز بر روندهای کلی و پاسخ‌های استراتژیک ذینفعان صنعت بررسی می‌کند. سوم، مهم‌ترین شکاف‌های موجود در تحقیقات فعلی که در طول تجزیه و تحلیل کشف شده‌اند را شناسایی می‌کند و یک دستور کار آینده‌نگر را برای هدایت محققانی که به دنبال درک بهتر پیچیدگی رو به رشد این بخش از دیدگاه‌های اقتصادی و لجستیکی هستند، بیان می‌کند.

Poo et al (2025) حمل و نقل زمینی پایدار و انقلاب تجارت الکترونیک و نوآوری‌ها و چالش‌ها را بررسی کردند. این تحقیق با ارائه یک دیدگاه جامع از چالش‌ها و فرصت‌های موجود در پیوند حمل و نقل زمینی پایدار و تجارت الکترونیک، بینش‌های ارزشمندی را برای محققان، سیاست‌گذاران و ذینفعان صنعت که در تلاش برای شکل‌دهی آینده‌ای پایدارتر و پاسخگوتر برای حمل و نقل زمینی در عصر دیجیتال هستند، ارائه داده است.

Bjørgen et al (2024) در مقاله‌ای با عنوان ادغام تجارت الکترونیک در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری بیان نشان دادند افزایش حجم تجارت الکترونیک با رشد موازی در تحقیقات در مورد تأثیراتی که تجارت الکترونیک ممکن است بر سیستم‌های حمل و نقل داشته باشد، همراه بوده است. این موضوع در مورد تجارت الکترونیک با ارائه دانش در مورد زنجیره‌های ارزش، ابزارهای برنامه‌ریزی و داده‌ها، به تحقیقات موجود می‌افزاید و ادغام تجارت الکترونیک در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری را افزایش می‌دهد. Kine et al. (2023) ارزیابی سطح پذیرش و استفاده از فناوری‌های دیجیتال در حمل‌ونقل بار را در کشور اتیوپی انجام دادند. روش پژوهش مطالعه موردی و رویکرد تجربی بود و داده‌ها از طریق پرسشنامه و بازدیدهای میدانی از شرکت‌های فعال در حمل‌ونقل جمع‌آوری شده است.

فناوری‌های مورد بررسی شامل فناوری‌های پایه و فناوری‌های پیشرفته اطلاعات و ارتباطات از جمله هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، ردیابی لحظه‌ای و ارتباطات دیجیتال بوده است. نتایج نشان داد که شرکت‌های مورد مطالعه از نظر فناوری‌های پایه سطح نسبتاً بالایی از پذیرش و استفاده داشته، اما استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا محدود بوده است. در بخش ریلی، استفاده از فناوری‌های جدیدتر، به‌ویژه ردیابی و ارتباط با رانندگان، نسبت به بخش جاده‌ای بیشتر مشاهده شده است. در حمل‌ونقل جاده‌ای، فناوری‌های سنتی مانند تماس تلفنی همچنان کاربرد گسترده‌ای داشتند. یافته‌ها نشان دادند که محدودیت پذیرش فناوری صرفاً به کمبود تجهیزات مربوط نیست، بلکه مهارت‌های فناوری اطلاعات، آگاهی و سرمایه انسانی نیز نقش مهمی در فرایند دیجیتالی‌شدن داشته است. در نهایت، نویسندگان پیشنهاد کردند که برای افزایش دیجیتالی‌شدن و بهبود کارایی حمل‌ونقل بین‌وجهی در اتیوپی، سرمایه‌گذاری در فناوری باید همزمان با آموزش مهارت‌های فناوری اطلاعات و افزایش آگاهی نیروی انسانی انجام شود.

Heinbach et al. (2022) نقش پلتفرم‌های دیجیتال در مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای را در بازار حمل‌ونقل جاده‌ای اروپا بررسی کردند. این تحقیق با استفاده از روش کیفی و رویکرد نظریه داده‌بنیاد از طریق مصاحبه‌های عمیق با ۱۱ متخصص و مدیر فعال در شرکت‌های پلتفرم دیجیتال حمل‌ونقل جاده‌ای انجام شده است. پس از کدگذاری و تحلیل داده‌های کیفی، پژوهشگران یک شاخص شامل ۱۴ بعد برای طبقه‌بندی پلتفرم‌های دیجیتال طراحی کردند. نتایج به شناسایی هشت نوع پلتفرم دیجیتال متناسب با فرایندهای مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای منجر شد. همچنین سه قابلیت اصلی خدمات دیجیتال شامل قابلیت مشاهده، بهینه‌سازی و تحلیل شناسایی شد. در مجموع، نتایج نشان دادند که پلتفرم‌های دیجیتال می‌توانند با داده‌محور کردن مدیریت حمل‌ونقل، شفافیت اطلاعات، بهینه‌سازی فرایندها و تصمیم‌گیری ذی‌نفعان، حمل‌ونقل را بهبود دهند و زمینه حرکت به سوی لجستیک دیجیتال و هوشمند را فراهم کنند. Mendoza-Lugo et al. (2022) این تحقیق با هدف مدل‌سازی احتمالاتی چندمتغیره داده‌های حاصل از سامانه‌های توزین در حال حرکت و تولید داده‌های مصنوعی در شرایط فقدان داده‌های واقعی انجام شده است. پژوهشگران از یک

روش کمی و مدل‌سازی آماری مبتنی بر شبکه بیزی غیرپارامتری برای تحلیل وابستگی میان متغیرهای مختلف سامانه‌های توزین استفاده کردند.

داده‌های تجربی از شش محل سامانه های توزین در شبکه بزرگراهی هلند، یک مسیر شهری در روتردام و یک بزرگراه در شهر آرارانگوآ در جنوب برزیل جمع‌آوری و تحلیل شده است. متغیرهای مورد بررسی شامل وزن وسیله نقلیه، بار محورهای مختلف، نوع وسیله نقلیه، تعداد محورها و فاصله بین محورها بود. نتایج نشان داد که شبکه‌های بیزی غیرپارامتری قادرند ساختار وابستگی آماری پیچیده میان ویژگی‌های مختلف وسایل نقلیه و بارهای ترافیکی را به‌خوبی مدل‌سازی کنند. مدل پیشنهادی امکان تولید داده‌های مصنوعی سیستم‌های توزین را در شرایطی که داده‌های واقعی سیستم توزین در دسترس نیست فراهم کرد و حتی از داده‌های تردشمار برای تولید این داده‌ها استفاده شد. در مجموع، یافته‌ها نشان داد که داده‌های سیستم‌های توزین می‌توانند کاربرد مهمی در تحلیل بار ترافیکی، ارزیابی قابلیت اطمینان زیرساخت‌های جاده‌ای و پل‌ها و پایش وسایل نقلیه داشته باشند و روش پیشنهادی قابلیت استفاده در مناطق مختلف را دارد. Pernestål et al. (2021) با هدف بررسی چگونگی تأثیر دیجیتالی‌شدن بر آینده حمل‌ونقل جاده‌ای، یک مطالعه آینده‌پژوهانه با تمرکز بر سوئد انجام دادند. روش پژوهش اکتشافی با رویکرد منطق شهودی و سال ۲۰۴۰ به‌عنوان افق زمانی سناریوها در نظر گرفته شده است. اطلاعات موردنیاز با استفاده از دیدگاه‌ها و نظرات ۵۲ متخصص حوزه حمل‌ونقل بار گردآوری شد. پژوهشگران بر اساس روندهای مؤثر بر حمل‌ونقل و دو عدم‌قطعیت راهبردی، چهار سناریوی محتمل برای آینده حمل‌ونقل جاده‌ای دیجیتالی طراحی کردند. نتایج نشان داد که دیجیتالی‌شدن، از طریق اتوماسیون، جریان‌های اطلاعاتی دیجیتال و هوش مصنوعی می‌تواند موجب افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها و ارتقای سطح خدمات حمل‌ونقل جاده‌ای شود. با این حال، در هر چهار سناریو افزایش مسافت طی‌شده وسایل نقلیه پیش‌بینی شد و در سه سناریو نیز افزایش قابل‌توجه جریان حمل‌ونقل شهری و فعالیت‌های بازیافت مشاهده شد؛ بنابراین دیجیتالی‌شدن لزوماً به کاهش ترافیک و انتشار آلاینده‌ها منجر نمی‌شود. در مجموع، مطالعه نشان داد که عدم‌قطعیت‌های اجتماعی و به‌ویژه رویکرد جامعه نسبت به پایداری، نقش تعیین‌کننده‌ای در آثار نهایی دیجیتالی‌شدن حمل‌ونقل دارند و سیاست‌گذاری فناوری باید همزمان با ملاحظات زیست‌محیطی و پایداری انجام شود. Mc Donald (2019) در مقاله‌ای با عنوان حمل و نقل شهری و ایمنی جاده‌ای در عصر تجارت الکترونیک نشان دادند اگرچه نرخ مرگ و میر ناشی از حمل بار و کل تصادفات به ازای هر مایل سفر وسیله نقلیه بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ کاهش یافته است، اما بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ افزایش‌هایی مشاهده شد. نرخ جراحات غیرکشنده در تصادفات شهری مربوط به حمل بار بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ با سرعت بیشتری افزایش یافته است.

نرخ جراحات غیرکشنده در تصادفات شهری مربوط به حمل بار ٤٥ درصد، نرخ تصادفات شهری مربوط به حمل بار که در جاده‌های بین ایالتی رخ نمی‌دادند ٤٠ درصد و نرخ کلی جراحات غیرکشنده برای همه تصادفات وسایل نقلیه در این مدت ۳ درصد افزایش یافت. از بین تمام تصادفات شهری مربوط به حمل بار که منجر به جراحات غیرکشنده شدند، نسبت تصادفاتی که در جاده‌های غیربین ایالتی رخ دادند از ۱۷ درصد به ۲۵ درصد بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ افزایش یافت و احتمال وقوع این تصادفات در روزهای هفته بین ساعت ٦ صبح تا ٤ بعد از ظهر، زمانی که تقاضای حمل بار زیاد است، بیشتر از آخر هفته‌ها یا عصرها بود. Mindali & Weltevreden (2013) مروری جامع بر مطالعات مفهومی و کمی در مورد پیامدهای تجارت الکترونیک کسب و کار به مصرف کننده بر حمل و نقل ارائه داده است. برای ایجاد درک جامع‌تر از پیامدهای حمل و نقل، همچنین جنبه مکمل آن یعنی حمل و نقل بار را مورد بحث قرار داده است.

## ۳- روش تحقیق

### ۳-۱- روش داده‌های ترکیبی

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش داده‌های پانل انجام شده است. ترکیب ابعاد زمانی و مقطعی در داده‌های پانل، مزیت مهمی در افزایش حجم اطلاعات، کاهش همخطی بین متغیرها و شناسایی بهتر اثرات متغیرهای مستقل دارد. در این روش از آزمون های مختلف مانند چاو، براش پاگان و هاسمن استفاده می شود. برای تعیین روش برآورد مناسب، آزمون‌های چاو و هاسمن به‌کار گرفته می‌شوند تا انتخاب بین مدل اثرات ثابت و مدل اثرات تصادفی انجام شود. بر این اساس ابتدا آزمون چاو اجرا می‌شود. این آزمون برای تشخیص بین الگوهای اثرات مقید و داده‌های تابلویی صورت می‌گیرد. برای ارزیابی نتایج آزمون چاو، اگر میزان معناداری آماره‌ی آزمون چاو بالاتر از سطح ۰/۰۵ باشد، ساختار اثرات مقید پذیرفته می شود. در غیر این صورت ساختار داده‌های پنل

انتخاب شده و برای تشخیص روش اثرات ثابت یا تصادفی باید آزمون ها سمن نیز انجام شود. چنانچه سطح معناداری آماره‌ی ها سمن بالاتر از ۰/۰۵ با شد، فرض صفر رد نمی شود و مدل اثرات تصادفی گزینه‌ی مناسبی برای برآورد مدل خواهد بود، اما در صورتی که میزان معناداری آماره‌ی هاسمن کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد شده و لذا، مدل اثرات ثابت انتخاب می‌شود. قبل از برآورد مدل اصلی لازم است آزمون پایایی متغیرهای مدل بررسی شود. وجود متغیرهای ناپایا در الگوهای اقتصاد سنجی سبب می شود، آزمون‌ها از اعتبار لازم برخوردار نباشند. بنابراین، انجام آزمون ریشه‌ی واحد در مدل‌های داده‌های ترکیبی برای تضمین صحت و اعتبار نتایج ضروری است. بعد از برآورد مدل از آزمون های نقض فروض کلاسیک در داده های ترکیبی نیز استفاده می شود. مدل کلاسیک رگرسیون خطی دارای مجموعه‌ای از فروض تحت عنوان فروض کلاسیک می‌باشد که بیش‌تر آن‌ها در مورد جمله اخلال مدل مطرح می‌گردند؛ برای این‌که در مدل رگرسیون خطی، تخمین زن‌های حداقل مربعات معمولی ضرایب رگرسیون، بهترین تخمین زن‌های بدون تورش خطی باشند لازم است تا مفروضات این مدل بررسی و آزمون شوند. یکی از فروض مهم در برآورد داده‌های ترکیبی توزیع نرمال خطای برآورد است. مطابق فرضیه مدل کلاسیک رگرسیون خطی بین جملات اخلال رگرسیون، همبستگی وجود ندارد. اگر این فرض نقض گردد، کواریانس بین دو جمله اخلال i و j برابر صفر نخواهد بود. بنابراین فرض نبود خودهمبستگی بین جملات اخلال نیز باید بررسی شود. واریانس همسانی از دیگر فروض کلاسیک برای خوبی برازش مدل است. چنانچه سطح معناداری این آزمون‌ها بزرگ‌تر از سطح خطای ۵٪ باشد، فرض صفر این آزمون، مبنی بر همسانی واریانس باقیمانده‌ها، تأیید خواهد شد. همخطی نیز به عنوان یکی از فروض کلاسیک رگرسیون مطرح شده است. در یک مدل رگرسیون، متغیرهای توضیحی نباید همبستگی شدیدی با هم داشته باشند. وجود همبستگی قوی بین متغیرهای مستقل باعث می شود که اندازه دترمینان ماتریس متغیرهای مستقل به عدد صفر نزدیک شود.

### ۳-۲- مدل تحقیق

هدف از این تحقیق تجزیه و تحلیل اثرات توسعه تجارت بر اقتصاد حمل و نقل در کشور به روش داده‌های ترکیبی است. تحلیل‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای اقتصادسنجی مانند EViews یا Stata انجام شده است. همانطور که در روش تحقیق بیان شد این تحقیق با استفاده از روش داده های ترکیبی (پنلی) طی دوره زمانی ۱۴۰۳-۱۳۸۹ و برای اطلاعات ۳۱ استان کشور انجام شده است. بر این اساس تعداد کل مشاهدات برای تحلیل برابر ٤٦٥ مشاهده (۱۵ سال(t) و ۳۱ استان(i)) می باشد. داده‌های مورد استفاده شامل اطلاعات اقتصادی، شاخص‌های زیرساخت‌های تجارت الکترونیک و شاخص‌های مرتبط با حمل‌ونقل جاده‌ای کشور ایران طی دوره زمانی و برای واحدهای مقطعی (۳۱ استان‌ها) گردآوری شده‌اند. مدل تجربی پژوهش حاضر بر این فرض نظری استوار است که میزان کالای جابه‌جاشده در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، حاصل تعامل میان ظرفیت فیزیکی، ظرفیت اطلاعاتی و ظرفیت نظارتی شبکه حمل‌ونقل است. در این چارچوب، حمل‌ونقل جاده‌ای صرفاً فرایند انتقال فیزیکی کالا از مبدأ به مقصد نیست، بلکه یک سیستم تولید خدمات حمل‌ونقل است که در آن زیرساخت‌های فیزیکی، فناوری اطلاعات، ابزارهای پایش ترافیک، سامانه‌های کنترل وزن و اسناد حمل، به‌عنوان نهاده‌های مکمل در تولید و عرضه خدمات حمل‌ونقل عمل می‌کنند. از دیدگاه نظریه تولید، هر فعالیت اقتصادی را می‌توان به صورت تابعی از نهاده‌های مختلف و سطح فناوری بیان کرد که در آن خروجی سیستم، نهاده‌ها یا شاخص‌های ظرفیت و فناوری و سطح فناوری و عوامل بهره‌وری است. این نگاه با مطالعات تجربی بخش حمل‌ونقل نیز سازگار است؛ برای مثال، Giannopoulos و Moschovou (2023) بخش حمل‌ونقل را با رویکرد نظریه تولید و تابع تولید مدل کرده‌اند و زیر ساخت ها و نیروی کار به‌عنوان نهاده تولید در نظر گرفته‌اند. به طوری که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های IT می‌تواند بر خروجی بخش حمل‌ونقل اثر داشته باشد. بر این اساس، در پژوهش حاضر میزان کالاهای حمل‌شده به‌عنوان خروجی سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای در نظر گرفته شده و متغیرهای مستقل به‌عنوان شاخص‌هایی از ظرفیت عملیاتی، اطلاعاتی، نظارتی و زیرساختی سیستم وارد مدل شده‌اند. علاوه بر این در نظریه زنجیره تأمین، جابه‌جایی کالا به تنهایی تعیین‌کننده عملکرد نیست؛ بلکه هماهنگی بین جریان کالا، جریان اطلاعات و جریان اسناد نیز اهمیت دارد. در این چارچوب، حمل‌ونقل جاده‌ای حلقه‌ای اساسی میان تولیدکننده، توزیع‌کننده و مصرف‌کننده محسوب می‌شود. هر عاملی که موجب افزایش قابلیت مشاهده جریان کالا، کاهش عدم اطمینان، کاهش زمان سفر، کاهش هزینه، افزایش قابلیت اطمینان و افزایش ظرفیت شبکه شود، از طریق افزایش کارایی زنجیره تأمین می‌تواند بر حجم حمل کالا اثرگذار باشد. این موضوع با ادبیات

مدل‌سازی تقاضای حمل بار نیز هماهنگ است. بر این اساس مدل‌سازی این تحقیق با توجه به سابقه تحقیقات قبلی از جمله تحقیقات (Heinbach et al, 2022)، (Kine & et al 2023)، (Mendoza-Lugo & et al 2022)، (Pernestål & et al 2021)، بر اساس رگرسیون داده‌های پانل به صورت زیر است.

$$Y_{it}=\alpha+\beta_1 X1_{it}+\beta_2 X2_{it}+\beta_3 X3_{it}+\beta_4 X4_{it}+\beta_5 X5_{it}+u_{it} \quad (1)$$

در رابطه فوق متغیر $Y_{it}$ نشانگر میزان کالاهای حمل شده در استان‌های کشور طی دوره زمانی، $X1_{it}$ نشانگر تعداد تردد شمارهای استفاده شده در حمل و نقل در استان‌های کشور و طی دوره زمانی، $X2_{it}$ نشانگر تعداد سیستم‌های توزین حرکت در استان‌های کشور و طی دوره زمانی، $X3_{it}$ نشانگر تعداد بارنامه‌های صادر شده در استان‌های کشور و طی دوره زمانی، $X4_{it}$ نشانگر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری در استان های کشور و طی دوره زمانی و $X5_{it}$ نشانگر سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های سخت‌افزاری در استان‌های کشور و طی دوره زمانی است.

**جدول ۱. منبع آماری متغیرها**

| متغیر | توضیح | منبع داده‌ها |
|---|---|---|
| Y1 | میزان کالاهای حمل شده | سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای |
| X1 | تردد شمارهای استفاده شده در حمل و نقل | سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای |
| X2 | تعداد سیستم‌های توزین حرکت | سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای |
| X3 | تعداد بارنامه‌های صادر شده | سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای |
| X4 | سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های نرم‌افزاری | حساب‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران |
| X5 | سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های سخت‌افزاری | حساب‌های منطقه‌ای مرکز آمار ایران |

## ٤- برآورد مدل و تحلیل نتایج

### ٤-١- آمار توصیفی متغیرها

**جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش مدل**

| متغیر | توضیح | میانگین | میانه | بیشینه | کمینه | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Y1 | میزان کالاهای حمل شده | ۱۲۸٦۰ | ۸۳۳٦ | ٥۲۹۸۷ | ٤۹۹ | ۱۱۱٤۱ |
| X1 | تردد شمارهای استفاده شده در حمل و نقل | ٥٦/٤٦۰ | ٥٤/۰۰ | ۱۳۸ | ٤ | ۲۷/۸۰ |
| X2 | تعداد سیستم‌های توزین حرکت | ۱/۱٤ | ۰/۰۰۰ | ۱۷/۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۱/۹۷ |
| X3 | تعداد بارنامه‌های صادر شده | ۹۰۱/۸۰ | ٥۹٥/۰ | ۳۳۷۳ | ٤۲ | ۷٦۷/٥۷ |
| X4 | سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های نرم‌افزاری | ۲۷۱۸٤ | ۷۲٥۸ | ٤۰۲۹۷٦ | ۲۲ | ٥٦۷٥۱ |
| X5 | سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های سخت‌افزاری | ۳۱۷۳٤ | ۷۷۱۳ | ٦۷۱۹۸۹ | ۰/۰۰۰ | ۷۲۳۷۱ |

**منبع: محاسبات محقق**

جدول (۲) شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده در پژوهش را شامل میانگین، میانه، بیشینه، کمینه و انحراف معیار نشان می‌دهد. این شاخص‌ها تصویری اولیه از وضعیت داده‌ها، میزان پراکندگی و تفاوت میان استان‌های مورد بررسی ارائه می‌کنند. متغیر وابسته، میزان کالاهای حمل شده، دارای میانگین ۱۲۸٦۰ و میانه ۸۳۳٦ است. بزرگ‌تر بودن میانگین نسبت به میانه نشان می‌دهد که توزیع این متغیر دارای چولگی مثبت بوده و چند استان با حجم بسیار بالای حمل کالا، میانگین

را افزایش داده‌اند. همچنین اختلاف قابل توجه بین بیشینه (۵۲۹۸۷) و کمینه (۴۹۹) در کنار انحراف معیار ۱۱۱۴۱، بیانگر ناهمگنی قابل توجه میان استان‌ها از نظر حجم جابه‌جایی کالا است. در متغیر تعداد ترددشمارهای استفاده شده در حمل‌ونقل، میانگین برابر با ۵۶,۴۶ و میانه ۵۴ است که نزدیکی این دو شاخص بیانگر توزیع نسبتاً متقارن داده‌ها است. با این حال، فاصله بین حداقل (۴) و حداکثر (۱۳۸) و انحراف معیار ۲۷,۸۰ نشان می‌دهد که از نظر تعداد تجهیزات ترددشمار، تفاوت محسوسی میان استان‌ها وجود دارد.

متغیر تعداد سیستم‌های توزین در حرکت دارای میانگین ۱,۱۴ و میانه صفر است. صفر بودن میانه نشان می‌دهد که در بیش از نیمی از مشاهدات هیچ سیستم توزین در حرکت وجود نداشته است. همچنین با وجود بیشینه ۱۷ و انحراف معیار ۱,۹۷، می‌توان نتیجه گرفت که این تجهیزات تنها در تعداد محدودی از استان‌ها توسعه یافته‌اند و توزیع این متغیر به شدت نامتقارن و دارای چولگی مثبت است.

برای متغیر تعداد بارنامه‌های صادر شده، میانگین ۹۰۱,۸۰ و میانه ۵۹۵ ثبت شده است. اختلاف این دو شاخص نیز بیانگر چولگی مثبت توزیع داده‌ها است؛ به‌گونه‌ای که برخی استان‌ها تعداد بسیار بیشتری بارنامه صادر کرده‌اند. دامنه تغییرات از ۴۲ تا ۳۳۷۳ و انحراف معیار ۷۶۷,۵۷ نیز نشان‌دهنده پراکندگی نسبتاً زیاد این متغیر در سطح استان‌ها است.

متغیر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری بیشترین میزان پراکندگی را در بین متغیرهای پژوهش نشان می‌دهد. میانگین این متغیر برابر با ۲۷۱۸۴ و میانه آن تنها ۷۲۵۸ است که اختلاف زیاد این دو شاخص، وجود چولگی شدید به سمت راست را تأیید می‌کند. همچنین فاصله بسیار زیاد بین حداقل به‌منظور بررسی مانایی متغیرهای پژوهش و جلوگیری از بروز رگرسیون کاذب، از سه آزمون متداول داده‌های تابلویی شامل آزمون لوین–لین–چو، ایم–پسران–شین و فیلیپس–پرون نوع فیشر استفاده شده است. فرضیه صفر در هر سه آزمون، وجود ریشه واحد و در نتیجه نامانا بودن متغیرها است، در حالی که فرضیه مقابل بیانگر مانا بودن متغیرها است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول(۳)، برای متغیر میزان کالاهای حمل شده، آماره آزمون‌های لوین–لین–چو، ایم–پسران–شین و فیلیپس–پرون نوع فیشر به ترتیب برابر با ۱۲,۰۴–، ۹,۷۶– و ۴۷۲ بوده و مقدار (Prob) در هر سه آزمون برابر با ۰,۰۰۰ است. بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در سطح اطمینان ۹۹ درصد رد شده و این متغیر در سطح مانا است. در مورد متغیر تعداد ترددشمارهای استفاده شده در حمل‌ونقل نیز آماره‌های آزمون به ترتیب برابر با ۹,۲۴–، ۷,۵۸– و ۳۷۴ بوده و مقادیر احتمال همگی کمتر از ۰,۰۱ (برابر با ۰,۰۰۰) هستند. ازاین‌رو، فرضیه وجود ریشه واحد رد شده و این متغیر نیز دارای مانایی در سطح است. برای متغیر تعداد سیستم‌های توزین در حرکت ، مقادیر آماره آزمون‌های LLC، IPS و Fisher-PPبه ترتیب برابر با ۴,۷۰–، ۵,۸۰– و ۳۰۴ است. همچنین مقدار احتمال تمامی آزمون‌ها برابر با ۰,۰۰۰ گزارش شده است که نشان‌دهنده رد فرضیه صفر و مانایی این متغیر در سطح می‌باشد. نتایج آزمون برای تعداد بارنامه‌های صادر شده نیز بیانگر مانایی این متغیر است. آماره‌های آزمون LLC، IPS وFisher-PP به ترتیب ۱۳,۴۲–، ۱۱,۷۷– و ۴۹۱ بوده و مقادیر احتمال در هر سه آزمون کمتر از یک درصد است. بنابراین، فرضیه وجود ریشه واحد رد شده و متغیر مذکور مانا است. در خصوص سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری، آماره‌های آزمون برابر با ۷,۱۴–، ۵,۶۱– و ۲۲۱ بوده و مقدار احتمال در تمامی آزمون‌ها برابر با ۰,۰۰۰ است. این نتایج نیز دلالت بر مانا بودن متغیر در سطح دارد. همچنین برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری ، آماره‌های آزمون به ترتیب برابر با ۹,۰۳–، ۵,۸۰– و ۱۸۲ بوده و مقدار احتمال در هر سه آزمون کمتر از ۰,۰۱ است. بنابراین، فرضیه صفر رد شده و این متغیر نیز در سطح مانا است.

به طور کلی، نتایج هر سه آزمون ریشه واحد شامل لوین–لین–چو، ایم–پسران–شین و فیلیپس–پرون نشان می‌دهد که مقدار احتمال(Prob) برای تمامی متغیرهای پژوهش کمتر از ۰,۰۱ است؛ ازاین‌رو فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد برای همه متغیرها رد می‌شود. در نتیجه، تمامی متغیرهای مدل در سطح مانا در سطح هستند و نیازی به تفاضل‌گیری یا بررسی هم‌انباشتگی وجود ندارد. بنابراین، می‌توان برآورد مدل اقتصاد سنجی پانلی را با استفاده از مقادیر سطح متغیرها انجام داد و نتایج حاصل از برآورد از مشکل رگرسیون کاذب مصون خواهد بود. (۲۲) و حداکثر (۴۰۲۹۷۶) و انحراف معیار ۵۶۷۵۱ نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری نرم‌افزاری در برخی استان‌ها به مراتب بیشتر از سایر استان‌ها بوده است. متغیر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری نیز الگوی مشابهی را نشان

می‌دهد. میانگین ۳۱۷۳٤ در مقابل میانه ۷۷۱۳، بیانگر توزیع نامتقارن و تأثیر مقادیر بسیار بزرگ در برخی استان‌ها است. دامنه تغییرات از صفر تا ٦۷۱۹۸۹ و انحراف معیار ۷۲۳۷۱، حاکی از اختلاف بسیار زیاد استان‌ها در میزان سرمایه‌گذاری سخت‌افزاری است. انحراف معیار این متغیر از تمامی متغیرهای دیگر بیشتر بوده و بیانگر بالاترین سطح پراکندگی در میان متغیرهای پژوهش است.

در مجموع، نتایج آمار توصیفی نشان می‌دهد که اکثر متغیرهای پژوهش دارای چولگی مثبت هستند؛ زیرا میانگین آن‌ها از میانه بزرگ‌تر است. همچنین اختلاف قابل توجه بین مقادیر حداقل و حداکثر و بالا بودن انحراف معیار، به‌ویژه در متغیر های سرمایه‌گذاری، بیانگر ناهمگنی قابل توجه میان استان‌های کشور از نظر سطح توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند و فعالیت های حمل‌ونقل جاده‌ای است. این ویژگی، وجود تفاوت‌های ساختاری میان استان‌ها را نشان می‌دهد و استفاده از روش های اقتصادسنجی داده های تابلویی را برای کنترل ناهمگنی های مقطعی و بررسی دقیق‌تر روابط میان متغیر ها توجیه می‌کند.

**جدول ۳. نتایج آزمون ایستایی داده‌های پنلی**

| متغیر | آماره آزمون | آزمون | | |
|---|---|---|---|---|
| | | لوین-لین | ایم-پسران | فیلیپس-پرون |
| Y1 | آماره | -۱۲/۰٤ | -۹/۷٦ | ٤۷۲ |
| | prob | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| X1 | آماره | -۹/۲٤ | -۷/۵۸ | ۳۷٤ |
| | prob | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| X2 | آماره | -٤/۷ | -۵/۸ | ۳۰٤ |
| | prob | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| X3 | آماره | -۱۳/٤۲ | -۱۱/۷۷ | ٤۹۱ |
| | prob | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| X4 | آماره | -۷/۱٤ | -۵/٦۱ | ۲۲۱ |
| | prob | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| X5 | آماره | -۹/۰۳ | -۵/۸ | ۱۸۲ |
| | prob | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |

**منبع: محاسبات محقق**

## ٤-۲- آزمون هم خطی

به منظور شناسایی همخطی در مدل‌های رگرسیونی با داده‌های ترکیبی، از آزمون تورم واریانس (*VIF*) استفاده می‌شود. مقادیر بالاتر از ۱۰ آماره‌ی *VIF*، بیانگر وجود همخطی بین متغیرهای توضیحی مدل است. در ساختار داده‌های پانل، تغییرات پارامترها علاوه بر زمان، در مقاطع مختلف و متعددی نیز تغییر می‌کنند. به‌منظور دستیابی به نتایج قابل‌اتکا، می‌بایست از عدم وجود خودهمبستگی سریالی بین مقاطع مختلف نیز اطمینان حاصل نمود. بدین منظور در این پژوهش برای بررسی وابستگی مقطعی بین باقیمانده‌ها از آزمون پسران استفاده شده است. چنانچه آماره‌ی این آزمون معنی‌دار نباشد (سطح معناداری به‌دست‌آمده بالاتر از ۵٪ باشد)، نتیجه می‌شود که همبستگی مقطعی میان باقیمانده‌های مدل وجود نداشته و مدل از این نظر مطلوب است (زرانژاد و انواری، ۱۳۸٤).

در این پژوهش برای بررسی وجود هم خطی بین متغیر های مستقل از آزمون ضریب تورم واریانس استفاده شده است. اگر آماره این آزمون برای متغیر ها کمتر از ۱۰ باشد بین متغیرهای توضیحی مشکل هم خطی وجود نخواهد داشت. در جدول شماره (٤) خلاصه نتایج این آزمون ارائه شده است.

**جدول ٤. نتایج آزمون هم خطی**

| نام متغیر | مقادیر متمرکز عامل تورم واریانس | تشخیص |
|---|---|---|
| Y1 | ١/٤٦ | عدم هم خطی |
| X1 | ١/٤٩ | عدم هم خطی |
| X2 | ١/٧٧ | عدم هم خطی |
| X3 | ١/٤١ | عدم هم خطی |
| X4 | ١/٣٩ | عدم هم خطی |
| X5 | ٢/١ | عدم هم خطی |

**منبع: محاسبات محقق**

با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره (٤) مشخص شد که آماره هم خطی برای تمام متغیرهای پژوهش کمتر از ۱۰ است بنابراین مشکل هم خطی بین متغیرها وجود ندارد.

## ٤-٣- آزمون داده‌های ترکیبی

### آزمونF لیمر و هاسمن

با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده در این پژوهش ترکیبی (سال- شرکت) می‌باشند و داده‌های ترکیبی به دو صورت تابلویی و تلفیقی می باشد، لذا به منظور انتخاب بین روش داده های تابلویی و تلفیقی در برآورد مدل، از آزمون F لیمر ا ستفاده شده ا ست. برای بررسی نتایج F لیمر، در صورتی که احتمال آماره F بیشتر از ۰/۰۵ باشد، باید از روش داده‌های تلفیقی استفاده کرد. در غیر این صورت از روش داده‌های تابلویی استفاده می‌شود. خلاصه نتایج آزمون F لیمر برای مدل های پژوهش در جدول شماره (۵) ارائه شده است.

**جدول ۵. آزمون F لیمر مدل های پژوهش**

| مدل | مقدارآماره | احتمال | نتیجه |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۵/٦٧٨ | ۰/۰۰۰ | روش تابلویی |

**منبع: محاسبات محقق**

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش برآورد، ابتدا از آزمون لیمر ا ستفاده شده ا ست. این آزمون م شخص می‌کند که آیا داده‌ها باید به صورت تلفیقی برآورد شوند یا ا ستفاده از مدل داده‌های تابلویی ضروری است. فرضیه‌های آزمون به شرح زیر هستند:

فرضیه صفر: مدل داده‌های تلفیقی مناسب است و تفاوت معناداری بین واحدهای مقطعی وجود ندارد.

فرضیه مقابل: مدل داده‌های تابلویی مناسب است و تفاوت‌های معناداری بین واحدهای مقطعی وجود دارد.

بر اساس نتایج جدول(۵)، مقدار آماره آزمون برابر با ۵/٦٧٨ و مقدار احتمال (Prob) برابر با ۰/۰۰۰ است. از آنجا که مقدار احتمال کمتر از سطح خطای ۵ درصد (۰/۰۵) و حتی ۱ درصد (۰/۰۱) است، فرضیه صفر رد می‌شود. بنابراین، تفاوت‌های موجود بین واحدهای مقطعی (استان‌ها) از نظر آماری معنادار بوده و استفاده از روش داده‌های تلفیقی مناسب نیست.

در نتیجه، وجود ناهمگنی میان استان‌های مورد مطالعه تأیید می‌شود و برآورد مدل با استفاده از روش داده‌های تابلویی نسبت به روش تلفیقی، نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری ارائه می‌کند. به همین دلیل، در ادامه پژوهش از مدل داده‌های تابلویی استفاده شده است.

همچنین آزمون براش–پاگان برای مناسب بودن مدل اثرات تصادفی در مقایسه با مدل تلفیقی به تحلیل افزوده شد. این آزمون در کنار آزمون F لیمر و آزمون هاسمن، فرآیند انتخاب الگوی مناسب داده‌های تابلویی را تکمیل می‌کند. بر اساس نتایج آزمون براش–پاگان، فرض صفر مبنی بر مناسب بودن

مدل تلفیقی بررسی شد و نتیجه آزمون در جدول (٦) ارائه گردید. فرضیه های این آزمون، به‌صورت زیر است.

فرضیه صفر:یعنی اثرات مقطعی وجود ندارد و مدل تلفیقی کفایت می‌کند. فرضیه مقابل یعنی اثرات مقطعی معنادار هستند و استفاده از مدل تابلویی در مقایسه با مدل تلفیقی مناسب‌تر است. نتایج آزمون نشان داد که آماره LM برابر با ٤٥,٢٣٣ و سطح احتمال آن ۰,۰۰۰۰ است. از آنجا که احتمال آزمون کمتر از سطح خطای پنج درصد است، فرض صفر مبنی بر نبود اثرات مقطعی رد می شود. بنابراین، استفاده از ساختار داده‌های تابلویی در مقایسه با مدل تلفیقی توجیه‌پذیر است.

**جدول ٦. آزمون براش پاگان**

| آزمون | آماره | احتمال(Prob.) | نتیجه |
|---|---|---|---|
| Breusch–Pagan LM | ٤٢/٢٣٣ | ۰,۰۰۰۰ | رد فرض صفر |

به‌منظور انتخاب بین مدل اثرات ثابت و اثرات تصادفی، از آزمون هاسمن استفاده شده است. در این آزمون، فرضیه‌های آماری به صورت زیر تعریف می‌شوند.

فرضیه صفر: مدل اثرات تصادفی مناسب است و تفاوت ضرایب برآوردشده معنادار نیست.

فرضیه مقابل: مدل اثرات ثابت مناسب است و تفاوت ضرایب برآوردشده معنادار است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول، مقدار آماره آزمون هاسمن برابر با ۵۸۳/۰۷۲ و مقدار احتمال (Prob) برابر با ۰/۰۰۰ است. از آنجا که مقدار احتمال کمتر از سطح خطای ۵ درصد (۰/۰۵) و حتی ۱ درصد (۰/۰۱) است، فرضیه صفر رد می‌شود. بنابراین، تفاوت بین ضرایب برآوردشده در مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی از نظر آماری معنادار بوده و استفاده از مدل اثرات ثابت نسبت به مدل اثرات تصادفی مناسب‌تر است. به بیان دیگر، نتایج آزمون نشان می‌دهد که اثرات اختصاصی استان‌ها با متغیرهای توضیحی همبستگی دارند و نادیده گرفتن این همبستگی منجر به برآوردهای ناسازگار خواهد شد. ازاین‌رو، مدل اثرات ثابت قادر است ناهمگنی‌های مشاهده‌نشده و ویژگی‌های ثابت هر استان را کنترل کرده و برآوردهای قابل اعتمادتر و بدون تورش ارائه دهد. در نتیجه، با توجه به مقدار آماره هاسمن ۵۸۳/۰۷۲ و سطح معناداری ۰/۰۰۰، مدل اثرات ثابت به‌عنوان روش مناسب برای برآورد مدل پژوهش انتخاب شده و تمامی تحلیل‌ها و تفسیر ضرایب بر اساس این مدل انجام می‌شود.

**جدول ۷. آزمون هاسمن مدل های پژوهش**

| مدل | مقدارآماره | احتمال | نتیجه |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۵۸۳/۰۷۲ | ۰/۰۰۰ | روش اثرات ثابت |

**منبع: محاسبات محقق**

**جدول ۸. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت آزمون فرضیه پژوهش**

| متغیرها | ضرایب برآورد شده | خطای استاندارد | آماره t | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|
| X1 | ۰/۱٦۸ | ۰/۰۳۹ | ٤/۲۸۲ | ۰/۰۰۲ |
| X2 | ۰/۲٤۷ | ۰/۰۵۷ | ٤/۲۲۷۵ | ۰/۰۰۰ |
| X3 | ۰/۲۹ | ۰/۰۹ | ۳/۰۲ | ۰/۰۰۲ |
| X4 | ۰/۲۵ | ۰/۰۵ | ٤/۲۷ | ۰/۰۰۰ |
| X5 | ۰/۱۳۵ | ۰/۰۸ | ۱/٦۸ | *۰/۰۹۰ |
| c | ٦/٤٤ | ۰/۳۹ | ۱٦/٤٤ | ۰/۰۰۰ |
| ضریب تعیین | ۰/۹۷ | ضریب تعیین تعدیل شده | | ۰/۹۵ |
| آماره F | ٤۸/۹۷ | معناداری آماره F | | ۰/۰۰۰ |
| دوربین- واتسون | ۲/۳۳ | | | |

**منبع: محاسبات محقق** ***معنی‌داری در سطح ۱۰درصد**

### ٤-٤- برآورد مدل و تحلیل نتایج

نتایج برآورد مدل رگرسیونی نشان می‌دهد که مدل از برازش بسیار مطلوبی برخوردار است. ضریب تعیین بیانگر آن است که ۹۷ درصد از تغییرات میزان کالاهای حمل‌شده در استان‌های کشور توسط متغیرهای مستقل شامل تعداد تردد شمارها، تعداد سیستم‌های توزین در حال حرکت، تعداد بارنامه‌های صادرشده، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری تبیین می‌شود. همچنین مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده نشان می‌دهد که حتی با در نظر گرفتن تعداد متغیرهای مستقل، مدل از قدرت تبیین بسیار بالایی برخوردار است. از سوی دیگر، مقدار آماره F برابر با ۹۷/٤۸ و فرض صفر مبنی بر عدم معناداری کلی مدل رد شده و می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای مستقل به‌صورت هم‌زمان اثر معناداری بر میزان کالاهای حمل‌شده در استان‌های کشور دارند. همچنین مقدار آماره دوربین–واتسون نشان می‌دهد مشکل جدی خودهمبستگی بین جملات اخلال مدل وجود ندارد و یکی از فروض اساسی مدل رگرسیون برقرار است. بررسی ضرایب برآوردشده نشان می‌دهد که تعداد تردد شمارهای استفاده شده در حمل‌ونقل در سطح اطمینان ۹۹ درصد اثر مثبت و معناداری بر میزان کالاهای حمل‌شده دارد. به عبارت دیگر، افزایش تعداد تردد شمارها با بهبود مدیریت و پایش جریان ترافیک، موجب افزایش حجم کالاهای حمل‌شده می‌شود. نتایج مربوط به تعداد سیستم‌های توزین در حال حرکت نیز نشان می‌دهد که این متغیر دارای اثر مثبت بر میزان کالاهای حمل‌شده است. این نتیجه بیانگر آن است که توسعه سیستم‌های توزین در حال حرکت، از طریق افزایش کنترل بار محورها، کاهش تخلفات و بهبود بهره‌وری شبکه حمل‌ونقل، نقش مؤثری در افزایش عملکرد بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایفا می‌کند. همچنین تعداد بارنامه‌های صادرشده اثر مثبت و معناداری بر میزان کالاهای حمل‌شده دارد. این نتیجه قابل انتظار است، زیرا افزایش تعداد بارنامه‌های صادرشده نشان‌دهنده افزایش فعالیت‌های حمل‌ونقل و مبادلات تجاری بوده و به‌طور مستقیم با افزایش حجم کالاهای جابه‌جا شده ارتباط دارد. در خصوص سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری، این متغیر نیز اثر مثبت و معناداری بر میزان کالاهای حمل‌شده دارد. این یافته بیانگر آن است که توسعه سامانه‌های نرم‌افزاری، سیستم‌های هوشمند مدیریت حمل‌ونقل، خدمات الکترونیکی و فناوری‌های اطلاعاتی موجب افزایش کارایی، کاهش زمان عملیات و در نهایت افزایش ظرفیت جابه‌جایی کالا می‌شود. در مقابل، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری اگرچه اثر مثبت دارد، اما تنها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار بوده است.

این نتیجه می‌تواند بیانگر آن باشد که اثر سرمایه‌گذاری‌های سخت‌افزاری در کوتاه‌مدت کمتر از سرمایه‌گذاری‌های نرم‌افزاری ظاهر می‌شود یا اینکه بهره‌برداری کامل از این زیرساخت‌ها مستلزم گذشت زمان و تکمیل سایر اجزای سیستم حمل‌ونقل هوشمند است. به‌طور کلی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مورد بررسی اثر مثبت بر میزان کالاهای حمل‌شده در استان‌های کشور دارند. در این میان، تعداد بارنامه‌های صادرشده، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری، تعداد سیستم‌های توزین در حال حرکت و تعداد تردد شمارها دارای اثر مثبت و معنادار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند، در حالی که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری تنها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که توسعه فناوری‌های هوشمند، سامانه‌های الکترونیکی و ابزارهای مدیریت حمل‌ونقل می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد و ظرفیت حمل‌ونقل جاده‌ای کشور داشته باشد.

### ٥- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر ابزارها و زیرساخت‌های تجارت الکترونیکی بر عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در استان‌های کشور با استفاده از مدل داده‌های تابلویی بوده است. نتایج آزمون‌های اقتصادسنجی نشان داد که مدل پژوهش از برازش مناسبی برخوردار بوده و متغیرهای منتخب توانسته‌اند بخش عمده‌ای از تغییرات میزان کالاهای حمل‌شده را تبیین کنند. همچنین نتایج آزمون‌های ایستایی، همخطی، F لیمر و هاسمن، اعتبار مدل برآوردی را تأیید کرده و نشان داد که الگوی اثرات ثابت مناسب‌ترین روش برای تحلیل داده‌ها است. نتایج برآورد مدل نشان داد که تعداد تردد شمارهای جاده‌ای، تعداد سیستم‌های توزین در حال حرکت، تعداد بارنامه‌های صادرشده و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری، همگی دارای اثر مثبت و معنادار بر میزان کالاهای حمل‌شده در استان‌های کشور هستند. این یافته‌ها بیانگر آن است که توسعه زیرساخت‌های دیجیتال و ابزارهای هوشمند مدیریت حمل‌ونقل می‌تواند با افزایش سرعت تبادل اطلاعات، بهبود نظارت

بر شبکه حمل‌ونقل، کاهش زمان توقف، مدیریت بهتر ناوگان و افزایش شفافیت فرآیندهای حمل کالا، موجب افزایش بهره‌وری و ظرفیت حمل‌ونقل جاده‌ای شـــود. در میان متغیرهای مورد بررسی، تعداد بارنامه‌های صادر شده بیشترین اثر را بر عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای داشـــته اســـت. این نتیجه نشـــان می‌دهد که توسـعه سـامانه‌های صـدور بارنامه الکترونیکی و افزایش حجم مبادلات تجاری، نقش مهمی در افزایش فعالیت‌های حمل‌ونقل و رشـــد جابه‌جایی کالا ایفا می‌کند. همچنین اثر مثبت و معنادار سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نرم‌افزاری بیانگر آن است که توسعه سامانه‌های هوشمند مدیریت ناوگان، سیستم‌های ردیابی، تبادل الکترونیکی اطلاعات و سایر خدمات دیجیتال، نسبت به ســـرمایه‌گذاری صـــرف در تجهیزات فیزیکی، در کوتاه‌مدت بازدهی بیشتری برای صنعت حمل‌ونقل ایجاد می‌کند.

در مقابل، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سخت‌افزاری اگرچه دارای اثر مثبت بود، اما تنها در سطح ۱۰ درصد معنادار شد.

این نتیجه می‌تواند ناشی از ماهیت بلندمدت سرمایه‌گذاری‌های فیزیکی باشـــد؛ به‌گونه‌ای که آثار اقتصـــادی این نوع سرمایه‌گذاری‌ها پس از تکمیل شبکه‌های زیرساختی، توسعه ســـامانه‌های نرم‌افزاری مکمل و افزایش میزان بهره‌برداری از تجهیزات نمایان می‌شـود. بنابراین توسـعه حمل‌ونقل هوشـمند صـــرفاً به افزایش تجهیزات فیزیکی محدود نمی‌شـــود، بلکه مستلزم هماهنگی میان زیرساخت‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، مدیریتی و نهادی اســـت. یافته‌های این پژوهش با مبانی نظری هزینه‌های مبادله کوز (۱۹۳۷)، اقتصـــاد نهادی ویلیامســـون (۱۹۸۵)، نظریه تجارت الکترونیکی کالاکوتا و وینستون (۱۹۹۷) و مطالعات جدید حوزه تحول دیجیتال و لجســـتیک از جمله رایزبرگ (۲۰۲۲)، چن و همکـاران (۲۰۲۲) و اگوداولـه و همکاران (۲۰۲۲) همخوانی دارد. این نظریه‌ها بیان می‌کنند که توســـعه فناوری‌های دیجیتال و تجارت الکترونیکی از طریق کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش شـــفافیت اطلاعات، بهبود هماهنگی میان بازیگران زنجیره تأمین و ارتقای بهره‌وری شبکه‌های حمل‌ونقل، موجب افزایش کارایی اقتصادی می‌شود.

در مجموع، نتایج پژوهش نشـــان می‌دهد که توســـعه تجارت الکترونیکی و ســـرمایه‌گذاری هدفمند در زیرســـاخت‌های هوشـــمند، یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای ارتقای عملکرد حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در ایران اســـت. تحقق این هدف علاوه بر افزایش بهره‌وری اقتصـــادی، می‌تواند زمینه کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، بهبود کیفیت خدمات لجســـتیکی، افزایش ایمنی شـــبکه جاده‌ای، کاهش مصـــرف انرژی و دســـتیابی به اهداف توسعه پایدار را فراهم سازد.

با توجه به نتایج پژوهش، پیشـنهاد می شـود سـرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های نرم‌افزاری حمل‌ونقل هوشمند، از جمله سامانه‌های مدیریت ناوگان، بارنامه الکترونیکی، ردیابی لحظه‌ای کالا و تبادل الکترونیکی اطلاعات، در اولویت برنامه های وزارت راه و شهرسازی و سازمان راهداری قرار گیرد. همچنین توسعه و استقرار سامانه‌های توزین در حال حرکت و افزایش پوشش ترددشمارهای هوشمند در محورهای اصلی حمل‌ونقل کشور به‌منظور افزایش ایمنی، کاهش تخلفات و بهبود مدیریت شبکه جاده‌ای تسریع شود. یکپارچه‌سازی سامانه‌های اطلاعاتی ســـازمان راهداری، گمرک، ســـازمان امور مالیاتی، شـــرکت‌های حمل‌ونقل و ســـکوهای تجارت الکترونیکی به‌منظور ایجاد زنجیره دیجیتال حمل‌ونقل و حذف فرآیندهای تکراری و کاغذی در دســـتور کار قرار گیرد. با توجه به اثر محدود ســـرمایه‌گذاری ســـخت‌افزاری در کوتاه‌مدت، ســـیاســـت‌گذاران ضمن ادامه توسعه تجهیزات فیزیکی، بر ارتقای بهره‌برداری از تجهیزات موجود، تکمیل ســـامانه های نرم‌افزاری و افزایش هماهنگی نهادی تمرکز بیشتری داشته باشند.

## ٦-سپاسگزاری

این مقاله با حمایت های معاونت پژوهشـــی و گرنت شـــماره ٤٩١٥٣٦ انجام شده است که بدینوسیله تشکر می‌گردد.

## ۷- پی‌نوشت‌ها

1.GPS
2. Weigh-in-Motion
3.Intelligent Transportation Systems
4.Bounded Rationality
5.Opportunism
6. Asset Specificity

## ۸- مراجع


-اباذری، حمزه (۱۳۹۰). برقراری تعادل میان انواع حرکت سواره و پیاده در فضای شهری (مطالعه موردی: بخش مرکزی خوی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

-امیری، عبدالعتیق، امین، رضا و خدائی، علی (۱٤۰۳). بررسی نقش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند با رویکرد حمل‌ونقل جاده‌ای و پیاده‌سازی سامانه ITS در ایران تا پایان سال ۱٤۰۰ خورشیدی. نشریه عمران و پروژه، ٦(۷)، ۲٤-۱۱.

-بیرانوند، مسلم، جهانبخش، حیدر، و بیرانوند، سمیه (۱٤۰۳). امکان‌سنجی تدوین استراتژی‌ها و برنامه‌های عملیاتی بوم‌گرا برای توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند شهر خرم‌آباد. *فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۵(۱)، ۱۳۹-۱٥٦.

-پاکزاد، جهانشاه.(۱۳۸٦). راهنمای طراحی فضاهای شهری در ایران. *انتشارات شهیدی.*

-حقگو، علیرضا (۱٤۰۲). نقش حمل و نقل هوشمند و برنامه‌ریزی شهری در توسعه پایدار. *کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم پایه، مهندسی و تکنولوژی.*

-رزمجویی، دامون، و حیدری، اسماعیل (۱۳۹۳). بررسی تجهیزات الکترونیکی در ایمن‌سازی حمل و نقل کانتینری. *شانزدهمین همایش صنایع دریایی*، بندرعباس.

-زرانژاد، منصور و انواری، ابراهیم ( ۱۳۸٤). کاربرد داده‌های ترکیبی در اقتصاد سنجی. اقتصاد مقداری، (٤): ۵۲-۲۱.

-سایت سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای.

-سلمانی، بهزاد (۱۳۹۵). تجارت الکترونیکی. *انتشارات دانشگاه تبریز.*

-شریف‌طهرانی، صالح، پورباقر، محمد، و حاجی‌جعفری، محمد. (۱۳۹٦). بررسی و تحلیل اثرات اجرای ITS در کارایی سیستم حمل و نقل همگانی شهر مشهد. *جاده*، ۲۵(۹۰)، ٥٦-٤۷.

-شکیبا، احمد (۱۳۸۹). حمل و نقل جاده‌ای کالا. *انتشارات جهاد دانشگاهی.*

-صالحی‌صدقیانی، جمشید، علوی‌شاد، عباس، اخوان‌خرازیان، مریم، و سبحانی‌فرد، یاسر (۱۳۸۸). بررسی تاثیر فن‌آوری اطلاعات بر صنعت حمل و نقل در ایران. *مدیریت کسب و کار*، ۱(۲)، ۱٦٤-۱۳۷.

-فرخ‌دوست، تهمینه، و اسدی، علی ناصر (۱۳۹۵). بررسی استراتژی‌های تجارت الکترونیک در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند ITS. *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و فناوری اطلاعات و ارتباطات*، تهران.

-فریبرزی‌عراقی، فرشید، شهپر افراشته، افشین، و سالاری‌جوینی، احمد (۱۳۸۱). مقدمه‌ای بر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند. گزارش ٤، شورای اصلاحات وزارت راه و ترابری، کمیته فناوری اطلاعات (IT).

-قمری، یاسین، خمسه، عباس، و رمضانی، علی (۱۳۹٤). ارزیابی عملکرد ابعاد و شاخص‌های تجارت الکترونیک در صنعت حمل و نقل (مطالعه موردی: شرکت مرکزی راه آهن جمهوری اسلامی ایران). *دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت*، اقتصاد و حسابداری.

-قلی‌پور، وحید، دانشور، سهیلا، و مسعودی، حسن (۱٤۰۰). کسب مزیت رقابتی؛ شاخصی نو در استقرار اثر بخش تجارت الکترونیک. *مدیریت بازاریابی هوشمند*، ۲(۵)، ۱۷۸-۱٥٦.

-مغیثی، مرتضی، تیموری، پیمان، و پیشداد، آزاده (۱۳۸٦). مدیریت حمل و نقل هوشمند و حلقه موثر در تجارت الکترونیک. *همایش ملی تجارت الکترونیکی.*

-Bjørgen, A., Bråthen, S., Hansson, L., & Bjerkan, K. Y. (2024). Editorial: The special issue on integrating e-commerce in urban mobility planning. *Research in Transportation Economics,* 105, 101329.

-Chen, L., Tong, T. W., Tang, S., & Han, N. (2022). Governance and design of digital platforms: A review and future research directions on a meta-organization. *Journal of Management,* 48(1), 147–184.

-Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica,* 4(16), 386–405.

-Egodawele, M., Sedera, D., & Bui, V. (2022). A Systematic Review of Digital Transformation Literature (2013–2021) and the Development of an Overarching A Priori Model to Guide Future Research. [Conference Paper/Report].

-Emmelhainz, M. A. (1993). EDI: Total Management Guide. *Van Nostrand Reinhold*.

-unasekaran, A., Marri, H. B., McGaughey, R. E., & Nebhwani, M. D. (2002). E–Commerce and IT's impacts on operations management. *International Journal of Production Economics*, 75(1-2), 185–197.

-Mindali, O. R., & Weltevreden, J. (2013). Transport effects of e-commerce: What can be learned after years of research? *Transportation,* 41(1), 125–156.
**doi.org/10.1007/s11116-013-9457-6**
-OECD (2023). ITF Transport Outlook. ITF Transport Outlook 2023, *OECD Publishing,* Paris.
**doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en**
-Pernestål, A., Engholm, A., Bemler, M., & Gidofalvi, G. (2021). How Will Digitalization Change Road Freight Transport? Scenarios Tested in Sweden. *Sustainability,* 13(1), 304
-Poo, M. C. P., Yui-yip, L., Baomin, Q., & Pun, C. F. K. (2024). Sustainable ground transportation and the e-commerce revolution: Innovations and challenges at the intersection. Encyclopedia, 4(1), 201-214.
-Porter, M. (1985). Competitive Advantage. *Free Press*.
-Risberg, A. (2022). A systematic literature review on e-commerce logistics: Towards an e-commerce and omni-channel decision framework. *Production Planning & Control,* 35(1), 67–91.
-UNCTAD (2024). Digitalization of multimodal data and document exchange using UN standards in electronic corridors. Written by Mario Apostolov, Article No. 121. *UNCTAD Transport and Trade Facilitation Newsletter N°102 - Second Quarter.*
-Williamson, O. E. (1985). The Economic Institutions of Capitalism. *Free Press.*
-World Bank. (2023). Connecting to Compete 2023: Trade Logistics in an Uncertain Global Economy, *The Logistics Performance Index and Its Indicators.* Washington, DC.
-Heinbach, C., Beinke, J., Kammler, F., & Thomas, O. (2022). Data-driven forwarding: a typology of digital platforms for road freight transport management. *Electronic Markets*, 32, 1027–1048.
-International Transport Forum (ITF). (2023). ITF Transport Outlook 2023. OECD Publishing, Paris.
**doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en**
-Heinbach, C., Beinke, J., Kammler, F., & Thomas, O. (2022). Data-driven forwarding: a typology of digital platforms for road freight transport management. *Electronic Markets,* 32, 1027–1048
-Kalakota, R., & Whinston, A. B. (1997). Frontiers of Electronic Commerce. *Addison-Wesley*.
-Kine, H. Z., Gebresenbet, G., Tavasszy, L., & Ljungberg, D. (2023). State of digital technology adoption in intermodal freight transport: empirical evidence from Ethiopia. *World Review of Intermodal Transportation Research,* 11(4), 362–395
-McDonald, N., Yuan, Q., & Naumann, R. (2019). Urban freight and road safety in the era of e-commerce. *Traffic Injury Prevention,* 20(7), 764–770.
-Mendoza-Lugo, M. A., Morales-Nápoles, O., & Delgado-Hernández, D. J. (2022). A Non-parametric Bayesian Network for Multivariate Probabilistic Modelling of Weigh-in-Motion System Data. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives,* 13.
-Michielsen, S., Gevaers, R., & Dewulf, W. (2025). A historical overview and analysis of e-commerce's milestones and its growing connection with air transport. *Journal of Shipping and Trade,* 10, 14.
**doi.org/10.1186/s41072-025-00203-5**

# The Impact of E-commerce Tools and Infrastructure on Road Freight Transport: an Analysis of Supply Chain Efficiency Theory and Transport Systems

***Ebrahim Anvari,*** *Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.*

*Ahmad Salahmanesh, Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.*

*Mahdi Alkasir, M.Sc., Student, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.*

***E-mail: e.Anvari@scu.ac.ir***

Received: May 2026- Accepted: November 2026

**ABSTRACT**

The development of e-commerce in recent years has played an important role in improving the performance of the road transport sector through the transformation of logistics processes, information exchange and supply chain management. The present study aimed to investigate the impact of e-commerce-related tools and infrastructures on the added value of road transport in the provinces of Iran. The research data were collected in the form of a panel for 31 provinces of the country during the period 2010-2023, which includes a total of 558 observations. The dependent variable of the study is the added value of road transport and the independent variables include the number of road traffic counters, the number of weighing systems in motion and the number of waybills issued. Panel data models were used to analyze the data. The results of the F-limer test confirmed the existence of a panel structure and the Hausman test also showed the appropriateness of the fixed effects model. Also, the results of the diagnostic tests confirmed the existence of variance heterogeneity; Therefore, the final model estimation was performed using White cross-section robust standard errors. The research findings showed that the number of road traffic counters, the number of weighing systems in motion and the number of waybills issued have a positive and significant effect on the value added of road transport. Accordingly, the development of intelligent transport systems, expanding road surveillance coverage, strengthening information infrastructure, and increasing transparency in the waybill issuance process can lead to improved efficiency, reduced transaction costs, and increased value added in the road transport sector. Therefore, it is suggested that policymakers focus on integrating information systems, developing intelligent transport technologies, and strengthening electronic mechanisms for recording and monitoring cargo transport operations.

**Keywords**: Electronic Commerce, Road Freight Transportation, Digital Infrastructure, Panel Data Analysis, Intelligent Transportation Systems, Electronic Freight Waybill