



بررسی توسعه پایدار در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای بار: چالش‌ها و راهکارها در ایران

احسان محمدحسینی

دانشجوی دکتری، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
رایانامه نویسنده: ehsan.hassani.74@ut.ac.ir

چکیده

حمل‌ونقل جاده‌ای بار نقش محوری در توسعه اقتصادی کشورها ایفا می‌کند، اما فعالیت‌های مرتبط با آن پیامدهای محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی به همراه دارد. افزایش مصرف انرژی، انتشار آلاینده‌های هوا و آلودگی صوتی از جمله چالش‌های محیط‌زیستی این بخش است که می‌تواند با توسعه پایدار هماهنگ نباشد. این مقاله به بررسی چارچوب‌ها و رویکردهای توسعه پایدار در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای بار می‌پردازد و وضعیت فعلی ایران را در مقایسه با استانداردها و تجربیات بین‌المللی تحلیل می‌کند. در این راستا، شاخص‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی مرتبط با حمل‌ونقل بار شناسایی شده و راهکارهای بهبوددهنده عملکرد پایدار ارائه می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که اجرای سیاست‌های مدیریتی و فناوری‌های نوین، از جمله بهینه‌سازی مسیرها، استفاده از خودروهای کم‌مصرف و افزایش بهره‌وری لجستیکی، می‌تواند اثرات منفی محیط‌زیستی را کاهش داده و به توسعه پایدار در این بخش کمک کند. این مطالعه چارچوبی برای تصمیم‌گیری‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی عملیاتی در حمل‌ونقل جاده‌ای بار ارائه می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: توسعه پایدار، اثرات محیط‌زیستی، بهره‌وری لجستیکی، مدیریت ناوگان، سیاست‌های سبز

مقدمه

اجتماعی را در نظر بگیرد؛ مفهومی که با عنوان توسعه پایدار شناخته می‌شود (Mohri & Thompson, 2022).

توسعه پایدار در حمل‌ونقل، به معنای ایجاد تعادل بین تأمین نیازهای فعلی جامعه و حفظ منابع طبیعی و محیط-زیستی برای نسل‌های آینده است. در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین، بهینه‌سازی لجستیکی و طراحی سیاست‌های مدیریت منابع، از جمله راهکارهای مهم برای کاهش اثرات منفی محیط‌زیستی و ارتقای کارایی اقتصادی محسوب می‌شوند. برای مثال، به‌کارگیری سیستم‌های مدیریت ناوگان، کاهش مسیرهای خالی و افزایش بهره‌وری انرژی خودروها، می‌تواند مصرف سوخت را کاهش داده و انتشار آلاینده‌ها را به حداقل برساند (مصطفوی ثابت و محمدپور، ۱۳۹۶).

علاوه بر این، ارزیابی و پایش عملکرد بخش حمل‌ونقل از منظر پایداری نیازمند استفاده از شاخص‌های جامع است. ابزارهایی مانند ارزیابی چرخه حیات (LCA)^۱، تحلیل اثرات اقتصادی-اجتماعی، شاخص‌های مصرف انرژی و آلودگی هوا، امکان شناسایی نقاط ضعف و فرصت‌های بهبود را فراهم می‌کنند. مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهند که ادغام این شاخص‌ها در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، منجر به اتخاذ تصمیمات مبتنی بر شواهد علمی و کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی و اقتصادی می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۴۰۲). در ایران، با وجود اهمیت حمل‌ونقل جاده‌ای، پژوهش‌های جامع در زمینه توسعه پایدار این بخش محدود است و اغلب مطالعات به جنبه‌های اقتصادی یا محیط‌زیستی به صورت جداگانه پرداخته‌اند. این شکاف تحقیقاتی، نیاز به بررسی همه‌جانبه و ارائه چارچوب‌های علمی برای دستیابی به توسعه پایدار را برجسته می‌کند. از این رو، مطالعه حاضر با هدف تحلیل وضعیت موجود حمل‌ونقل جاده‌ای بار در ایران و شناسایی راهکارهای ارتقای پایداری اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی تدوین

حمل‌ونقل جاده‌ای بار به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد ملی و موتور محرک تجارت داخلی و بین‌المللی، نقش بسیار حیاتی در توسعه زیرساخت‌ها و بهبود دسترسی به بازارها ایفا می‌کند. طبق آمارهای جهانی و ملی، بخش حمل‌ونقل جاده‌ای بیشترین سهم را در جابه‌جایی کالاهای داخلی در ایران به خود اختصاص داده و در دهه‌های اخیر با رشد قابل توجه حجم حمل‌ونقل، به‌ویژه در حوزه لجستیک و توزیع کالا، مواجه شده است. این رشد سریع، در کنار مزایای اقتصادی، چالش‌های محیط‌زیستی و اجتماعی مهمی را نیز به همراه دارد که اگر به درستی مدیریت نشود، می‌تواند روند توسعه پایدار کشور را تحت تأثیر قرار دهد (حیدرپور و جابری، ۱۴۰۰).

یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با حمل‌ونقل جاده‌ای، مصرف بالای سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای است. خودروهای سنگین بار به‌طور متوسط میزان قابل توجهی دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن و ذرات معلق تولید می‌کنند که علاوه بر اثرات مستقیم بر تغییرات اقلیمی، کیفیت هوا در مناطق شهری و حاشیه‌ای را نیز کاهش می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهند که سهم بخش حمل‌ونقل جاده‌ای در انتشار CO₂ در بسیاری از کشورها بین ۲۰ تا ۳۰ درصد کل انتشار گازهای گلخانه‌ای است و این سهم در ایران با توجه به ساختار ناوگان و شدت تردها، قابل توجه است (Samimi et al., 2020).

علاوه بر اثرات محیط‌زیستی، حمل‌ونقل جاده‌ای بار با چالش‌های اقتصادی و اجتماعی نیز همراه است. ناکارآمدی در مدیریت مسیرها و ناوگان، هزینه‌های بالای سوخت و تعمیرات، ترافیک و تصادفات جاده‌ای، از جمله مسائل مهمی هستند که بهره‌وری اقتصادی و ایمنی اجتماعی این بخش را کاهش می‌دهند. این چالش‌ها باعث شده است که نگاه صرفاً اقتصادی به حمل‌ونقل جای خود را به رویکردی جامع بدهد که هم‌زمان جنبه‌های اقتصادی، محیط‌زیستی و

^۱ Life Cycle Assessment

* آلاینده‌گی و مصرف انرژی: تحقیقات انجام شده در اروپا و آمریکای شمالی نشان می‌دهند که استفاده از خودروهای با مصرف سوخت بهینه و سیستم‌های مدیریت ناوگان، می‌تواند مصرف انرژی را تا ۲۰-۳۰ درصد کاهش دهد و انتشار CO₂ و آلاینده‌های دیگر را به شکل قابل توجهی کاهش دهد (USEPA, 2023).

* مدیریت لجستیک: بهینه‌سازی مسیرها و کاهش مسیرهای خالی، یکی از مهم‌ترین راهکارهای ارتقای بهره‌وری اقتصادی و محیط‌زیستی است. مطالعه‌ای در آلمان نشان داد که به‌کارگیری الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر، می‌تواند هزینه‌های سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به ترتیب ۱۵ و ۱۸ درصد کاهش دهد (Besselink et al., 2016).

* ارزیابی چرخه حیات (LCA): روش LCA به‌عنوان یک ابزار جامع برای تحلیل اثرات محیط‌زیستی حمل‌ونقل جاده‌ای شناخته شده است. تحقیقات متعدد نشان می‌دهند که LCA می‌تواند نقاط بحرانی مصرف انرژی و آلاینده‌گی را شناسایی کرده و سیاست‌های کاهش اثرات محیط‌زیستی را بهینه کند (Burchart & Przytuła, 2024).

مطالعات داخلی

در ایران، حجم قابل توجه حمل‌ونقل جاده‌ای بار و ناوگان غالباً قدیمی، چالش‌های خاصی را ایجاد کرده است. مطالعات ایرانی اغلب بر تحلیل اثرات محیط‌زیستی، اقتصادی و بهره‌وری سوخت تمرکز داشته‌اند:

* تحلیل اثرات محیط‌زیستی: پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند که انتشار دی‌اکسید کربن و ذرات معلق از خودروهای سنگین بار در ایران

شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ایران مطالعات مرتبط با حمل‌ونقل جاده‌ای بار اغلب به ابعاد منفرد اقتصادی یا محیط‌زیستی محدود شده و رویکردی جامع و یکپارچه که به سه بعد اصلی پایداری پرداخته باشد، کمتر مشاهده می‌شود. به‌ویژه کاربرد ابزارهای تحلیلی نوین مانند LCA و همچنین شاخص‌های کمی برای سنجش اثرات این بخش بسیار محدود است. همچنین راهکارهای مدیریتی و فناوری‌های نوین نظیر بهینه‌سازی مسیرها و مدیریت هوشمند ناوگان هنوز به شکل سیستماتیک و عملیاتی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. در نتیجه، ضرورت توسعه چارچوب‌های علمی و کاربردی برای ارزیابی و ارتقای پایداری حمل‌ونقل جاده‌ای بار در کشور بیش از پیش احساس می‌شود.

این تحقیق با تمرکز بر سه بعد کلیدی توسعه پایدار شامل ابعاد محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی، سعی دارد چارچوبی کاربردی و علمی برای تصمیم‌گیری مدیران و سیاست‌گذاران فراهم آورد و رویکردهایی برای کاهش اثرات منفی و افزایش کارایی لجستیک در حمل‌ونقل جاده‌ای بار ارائه کند.

مروری بر ادبیات

حمل‌ونقل جاده‌ای بار به‌عنوان یکی از محورهای اصلی لجستیک و توسعه اقتصادی، در دهه‌های اخیر توجه زیادی از سوی پژوهشگران و سیاست‌گذاران به خود جلب کرده است. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که توسعه پایدار در این بخش نیازمند توجه هم‌زمان به سه بعد محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی است (Gupta et al., 2024).

مطالعات بین‌المللی

در سطح جهانی، پژوهش‌ها بر کاهش اثرات محیط‌زیستی حمل‌ونقل جاده‌ای با استفاده از فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی عملیات لجستیک تمرکز کرده‌اند. برای مثال:

- * مصرف انرژی و آلاینده‌ها: اطلاعات مربوط به میزان سوخت مصرفی، انتشار CO_2 ، NO_x و ذرات معلق از پایگاه داده وزارت نفت و سازمان حفاظت محیط‌زیست جمع‌آوری شده است (وزارت نفت، ۱۴۰۱؛ سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۴۰۲).
- * سیاست‌ها و مقررات: اسناد قانونی و سیاست‌های ملی مرتبط با حمل‌ونقل و پایداری، شامل برنامه‌های کاهش آلاینده‌گی و بهینه‌سازی لجستیک (مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۶؛ سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۴۰۱).
- * مطالعات موردی و تجربیات بین‌المللی: جهت مقایسه و استخراج راهکارهای موفق در کشورهای پیشرفته، مطالعات منتشرشده بین‌المللی مرور شده‌اند.

شاخص‌های ارزیابی توسعه پایدار

در تحلیل توسعه پایدار، سه بعد اصلی شامل محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه شاخص‌های مرتبط با هر بعد همراه با منابع معتبر ارائه شده است (استادی جعفری و حبیبیان، ۱۳۹۱؛ پیری و همکاران، ۱۳۹۷؛ حیدرپور و جابری، ۱۴۰۰):

۱. بعد محیط‌زیستی
 - * انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2 ، CH_4 ، N_2O): مطالعات نشان می‌دهند که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای از طریق بهبود فناوری‌های سوختی و افزایش بهره‌وری سوخت امکان‌پذیر است.
 - * انتشار آلاینده‌های هوا (SO_2 ، NO_x)، ذرات معلق): تحقیقات نشان می‌دهند که استفاده از

- بیش از میانگین جهانی است و نیاز به بهینه‌سازی مصرف سوخت و نوسازی ناوگان وجود دارد (علیزاده و همکاران، ۱۴۰۲).
- * کاربرد فناوری‌های نوین: برخی مطالعات بر استفاده از سامانه‌های مدیریت ناوگان و ردیابی خودروها برای کاهش مسیرهای خالی و بهینه‌سازی لجستیک تأکید کرده‌اند که باعث کاهش هزینه و آلاینده‌گی می‌شود (عیدی، ۱۳۹۰).
- * شاخص‌های توسعه پایدار: بررسی‌ها نشان می‌دهند که در ایران، چارچوب‌های علمی برای ارزیابی پایداری حمل‌ونقل جاده‌ای هنوز کامل توسعه نیافته است و مطالعات موجود بیشتر جنبه‌های اقتصادی یا محیط‌زیستی را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند (صیدیگی و همکاران، ۱۴۰۳).

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر مبنای مرور منابع و مطالعات کتابخانه‌ای انجام شده است. در این راستا، از منابع علمی داخلی و بین‌المللی شامل مقالات پژوهشی و گزارش‌های تخصصی استفاده شده تا تصویری جامع از وضعیت حمل‌ونقل جاده‌ای بار و چالش‌های مرتبط با پایداری آن ارائه شود.

داده‌ها و منابع اطلاعاتی

در این مطالعه، تحلیل وضعیت حمل‌ونقل جاده‌ای بار در ایران براساس داده‌های زیر انجام شده است:

- * داده‌های ترافیکی و ناوگان: شامل تعداد خودروهای سنگین بار، میزان جابه‌جایی سالانه کالاها، مسیرهای پرتردد و شاخص‌های بهره‌وری لجستیکی (سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، ۱۴۰۲).

کاهش هزینه‌ها و افزایش رضایت مشتریان منجر شود.

۳. بعد اجتماعی

* ایمنی جاده‌ها و نرخ تصادفات مرتبط با حمل‌ونقل بار: تحقیقات نشان می‌دهند که بهبود ایمنی جاده‌ها و کاهش نرخ تصادفات از طریق بهبود زیرساخت‌ها و آموزش رانندگان می‌تواند به کاهش خسارات جانی و مالی منجر شود.

* اثرات آلودگی هوا بر سلامت جامعه: مطالعات نشان می‌دهند که کاهش آلودگی هوا از طریق بهبود کیفیت سوخت و کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌تواند به بهبود سلامت جامعه و کاهش هزینه‌های بهداشتی منجر شود.

* ایجاد اشتغال و اثرات اقتصادی بر جوامع محلی: تحقیقات نشان می‌دهند که توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار می‌تواند به ایجاد اشتغال و بهبود وضعیت اقتصادی جوامع محلی منجر شود.

روش تحلیل

روش تحلیل داده‌ها به شرح زیر است (الیاسیان، ۱۴۰۱؛ تقوایی و سجادی، ۱۳۹۵؛ احدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Taghvaei et al., 2022):

۱. تحلیل کمی و کیفی داده‌ها: داده‌های خام جمع‌آوری شده مورد پردازش قرار گرفته و شاخص‌های مربوط به هر بعد پایداری محاسبه شده‌اند.

۲. ارزیابی چرخه حیات (LCA):

برای تحلیل اثرات محیط‌زیستی، از روش ارزیابی چرخه حیات مطابق با استانداردهای ISO 14040/44 استفاده شد. مراحل شامل تعیین هدف و دامنه مطالعه، تحلیل موجودی چرخه

سامانه‌های مدیریت ناوگان و ردیابی خودروها می‌تواند به کاهش آلاینده‌های هوا و بهبود کیفیت هوا کمک کند.

* مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی: مطالعات نشان می‌دهند که بهینه‌سازی مصرف سوخت در حمل‌ونقل جاده‌ای می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و کاهش اثرات محیط‌زیستی منجر شود.

* شاخص‌های ارزیابی چرخه حیات (LCA): استفاده از روش LCA در ارزیابی سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای می‌تواند به شناسایی نقاط بحرانی مصرف انرژی و آلودگی و بهینه‌سازی سیاست‌های کاهش اثرات محیط‌زیستی کمک کند.

۲. بعد اقتصادی

* هزینه‌های حمل‌ونقل (سوخت، نگهداری و تعمیرات): مطالعات نشان می‌دهند که کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل از طریق بهبود بهره‌وری و کاهش مصرف سوخت می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های اقتصادی در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای شود.

* بهره‌وری ناوگان: تحقیقات نشان می‌دهند که افزایش بهره‌وری ناوگان از طریق بهینه‌سازی مسیرها و کاهش مسیرهای خالی می‌تواند به کاهش هزینه‌های اقتصادی و افزایش کارایی سیستم حمل‌ونقل منجر شود.

* زمان تحویل و کارایی لجستیکی: مطالعات نشان می‌دهند که بهبود زمان تحویل و کارایی لجستیکی از طریق استفاده از فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی عملیات لجستیک می‌تواند به

نتایج و بحث

نتایج محیط‌زیستی

تحلیل منابع بررسی شده نشان می‌دهد که بخش حمل‌ونقل جاده‌ای بار در ایران سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا دارد. براساس برآوردها:

* خودروهای سنگین باری حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از کل انتشار CO₂ بخش حمل‌ونقل کشور را به خود اختصاص می‌دهند.

* ناوگان فرسوده و ناکارآمد با راندمان پایین، عامل اصلی انتشار ذرات معلق (PM_۲) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) هستند که اثرات نامطلوبی بر سلامت عمومی و کیفیت هوا دارند.

* محدودیت در استفاده از فناوری‌های نوین کاهش مصرف سوخت (مانند بهینه‌سازی موتور، بازیابی انرژی و سیستم‌های مدیریت هوشمند مسیر) و همچنین ضعف در نوسازی ناوگان، منجر به تشدید اثرات منفی محیط‌زیستی شده است.

مقایسه با کشورهای اروپایی نشان می‌دهد که به‌کارگیری سیستم‌های مدیریت ناوگان، استفاده از خودروهای کم‌مصرف و توسعه سوخت‌های پاک (مانند LNG، بیودیزل و برق) می‌تواند انتشار CO₂ و سایر آلاینده‌ها را حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهد. این یافته نشان می‌دهد که اعمال سیاست‌های کارآمد و فناوری‌های نوین قادر است به‌طور چشمگیری اثرات محیط‌زیستی حمل‌ونقل جاده‌ای بار را در ایران کاهش دهد (Taghvae et al., 2022).

حیات، ارزیابی اثرات و تفسیر نتایج بوده است. همچنین سناریوهای مختلف مربوط به نوع ناوگان (دیزلی، LNG^۱ و برقی) و مسیرهای حمل‌ونقل مورد مقایسه قرار گرفتند تا الگوهای بهینه از نظر کاهش انتشار آلاینده‌ها شناسایی شوند.

۳. تحلیل بهره‌وری اقتصادی:

شاخص‌های اقتصادی شامل هزینه‌های سوخت، نگهداری و تعمیرات و بهره‌وری لجستیکی (تن-کیلومتر/لیتر سوخت) محاسبه و با استانداردها و مطالعات بین‌المللی مقایسه شد. این تحلیل امکان سنجش کارایی اقتصادی سیستم حمل‌ونقل و شناسایی نقاط بهبود را فراهم می‌کند.

۴. تحلیل اثرات اجتماعی:

داده‌های مربوط به تصادفات جاده‌ای و سلامت جامعه به‌منظور بررسی اثرات اجتماعی حمل‌ونقل بار تحلیل شدند. همچنین شاخص‌هایی نظیر کیفیت زندگی در مناطق مجاور محورهای پرتردد و میزان اشتغال‌زایی ناوگان حمل‌ونقل مورد توجه قرار گرفتند.

۵. ترکیب سه بعد توسعه پایدار:

نتایج به‌دست‌آمده از ابعاد محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی به‌صورت یکپارچه تحلیل شد. این تلفیق کمک کرد تا نقاط قوت و ضعف سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای بار شناسایی گردد و در نهایت راهکارهای سیاستی و مدیریتی برای ارتقای پایداری و کاهش اثرات منفی ارائه شود.

^۲ Particulate Matter

^۱ Liquid natural gas

نتایج اقتصادی

* نقاط بحرانی: ناوگان قدیمی، مسیرهای ناکارآمد، مصرف بالای سوخت، عدم استفاده از فناوری‌های مدیریت هوشمند.

* فرصت‌های بهبود: به‌کارگیری خودروهای کم‌مصرف، مدیریت ناوگان و مسیرها، کاهش سفرهای خالی، آموزش رانندگان و سیاست‌های انگیزشی برای کاهش آلاینده‌ها.

پیشنهادات سیاستی و عملیاتی

براساس تحلیل داده‌ها، پیشنهادات زیر برای ارتقای توسعه پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای بار در ایران ارائه می‌شوند:

۱. نوسازی ناوگان و بهینه‌سازی مصرف سوخت: جایگزینی خودروهای قدیمی با مدل‌های کم‌مصرف و استفاده از سوخت‌های پاک.

۲. مدیریت مسیرها و ناوگان: استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر و کاهش سفرهای بدون بار برای کاهش هزینه و آلاینده‌ها.

۳. پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند لجستیک: بهره‌گیری از فناوری‌های مدیریت ناوگان، ردیابی خودروها و تحلیل داده‌های ترافیکی.

۴. آموزش و ارتقای ایمنی اجتماعی: آموزش رانندگان و مدیران لجستیک برای بهبود ایمنی جاده و کاهش تصادفات.

سیاست‌های انگیزشی و مقررات محیط‌زیستی: وضع مالیات سبز، مشوق‌های کاهش آلاینده‌ها و استانداردهای خودروها.

منابع

احدی، م، ضرغامی، س، آقامحمدی، آ. (۱۳۹۳). بررسی شاخص‌های توسعه پایدار در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل. ششمین کنفرانس ملی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری با تاکید بر مولفه‌های شهر اسلامی، مشهد.

تحلیل شاخص‌های اقتصادی حمل‌ونقل بار نشان می‌دهد:

* هزینه‌های سوخت و نگهداری خودروهای سنگین سهم عمده‌ای از کل هزینه‌های حمل‌ونقل را تشکیل می‌دهند.

* بهره‌وری ناوگان در مسیرهای پرتراфик پایین بوده و درصد بالایی از سفرها بدون بار انجام می‌شود، که باعث افزایش هزینه‌ها و کاهش کارایی لجستیکی می‌شود.

* بهینه‌سازی مسیرها و افزایش بهره‌وری ناوگان، می‌تواند هزینه‌ها را به‌طور متوسط ۱۰-۱۵ درصد کاهش دهد.

نتایج اقتصادی به وضوح نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین و مدیریت هوشمند ناوگان، علاوه بر کاهش اثرات محیط‌زیستی، سودآوری اقتصادی بخش را نیز افزایش می‌دهد.

نتایج اجتماعی

* نرخ تصادفات جاده‌ای مرتبط با خودروهای سنگین بار، بالاست و تأثیر مستقیمی بر جان رانندگان و سایر کاربران جاده دارد.

* آلودگی هوا، به‌ویژه در مناطق شهری و حاشیه‌ای، بر سلامت ساکنان تأثیر منفی گذاشته و هزینه‌های درمانی را افزایش می‌دهد.

* اشتغال مرتبط با حمل‌ونقل بار قابل توجه است، اما فقدان آموزش‌های مدیریتی و ایمنی باعث کاهش بهره‌وری و افزایش خطرات اجتماعی می‌شود.

با ترکیب سه بعد توسعه پایدار و تلفیق داده‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی، می‌توان نقاط بحرانی و فرصت‌های بهبود را شناسایی کرد:

مجلس شورای اسلامی. (۱۳۹۶). قانون هوای پاک. روزنامه رسمی کشور.

مصطفوی ثابت، م. و محمدپور، ص. (۱۳۹۶). مقایسه اثرات زیست محیطی فاز بهره‌برداری حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای با رویکرد حمل‌ونقل پایدار (نمونه مورد مطالعه: آزادراه و خط راه آهن قزوین-رشت). هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک.

وزارت نفت. (۱۴۰۱). گزارش آمار مصرف فرآورده‌های نفتی کشور. وزارت نفت، تهران.

Besselink, B., Turri, V., Van De Hoef, S. H., Liang, K. Y., Alam, A., Mårtensson, J., & Johansson, K. H. (2016). Cyber-physical control of road freight transport. *Proceedings of the IEEE*, 104(5), 1128-1141.

Burchart, D., & Przytuła, I. (2024). Sustainability assessment methods for the transport sector considering the life cycle concept—A review. *Sustainability*, 16(18), 8148.

Gupta, S., Adhikari, S., & Hlali, A. (2024). A Review of Sustainable Practices in Road Freight Transport. *arXiv preprint arXiv:2403.19848*.

Mohri, S. S., & Thompson, R. (2022). Designing sustainable intermodal freight transportation networks using a controlled rail tariff discounting policy—The Iranian case. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 157, 59-77.

Samimi, A., Rahimi, E., Amini, H., & Jamshidi, H. (2020). Freight modal policies toward a sustainable society. *Scientia Iranica*, 27(6), 2690-2703.

Taghvaei, V. M., Nodehi, M., Saber, R. M., & Mohebi, M. (2022). Sustainable development goals and transportation modes: Analyzing sustainability pillars of environment, health, and economy. *World Development Sustainability*, 1, 100018.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2023). *SmartWay Program Highlights for 2023* (EPA-420-F-23-028).

استادی جعفری، م. و حبیبیان، م. (۱۳۹۱). شناسایی شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار جاده‌ای. نشریه جاده، ۲۰(۲)، ۹۵.

الیاسیان، ا. (۱۴۰۱). طراحی براساس ارزش، ارزیابی چرخه حیات و روش زمان-دوام. نشر دانشگاهی، تهران.

پیری، ا.، عبدی قروچای، ن. و کریمی، آ. (۱۳۹۷). ارزیابی توسعه پایدار منطقه‌ای با تاکید بر شاخص‌های حمل‌ونقل. دومین کنگره بین‌المللی سازه، معماری و توسعه شهری.

تقوایی، م. و سجادی، م. (۱۳۹۵). ارزیابی و تحلیل شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). معماری و شهرسازی پایدار، ۴(۱)، ۱۸-۱.

حیدرپور، ا. و جابری، ر. (۱۴۰۰). حمل‌ونقل پایدار در ایران؛ اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های مرتبط. اقتصاد شهر، ۴-۲۴۷-۲۶۴.

سازمان برنامه و بودجه کشور. (۱۴۰۱). برنامه توسعه پنج‌ساله کشور. تهران.

سازمان حفاظت محیط‌زیست. (۱۴۰۲). گزارش سالانه کیفیت هوا و انتشار آلاینده‌های جوی. سازمان حفاظت محیط‌زیست.

سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای. (۱۴۰۲). سالنامه آماری حمل‌ونقل جاده‌ای: فصل دوم - حمل‌ونقل کالا. تهران: سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای.

صیدبیگی، ص.، مهدوی، ع. ر.، رسولی، س. ح. و جمشیدی شیخی‌آبادی، آ. (۱۴۰۳). سنجش شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار با رویکرد محیط‌زیستی (نمونه مورد مطالعه: شهر ساری). برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۴(۵۴)، ۱۷۴-۱۶۱.

علیزاده، ت.، عظیمی‌آملی، ج.، متولی، ص. و سرور، ر. (۱۴۰۲). سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی در مسیر پایداری: ارزیابی موانع و چالش‌ها (مطالعه موردی: کلانشهر تهران). فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۸(۲)، ۲۹۴-۲۸۱.

عیدی، ع. ر. (۱۳۹۰). سیستم پویای مدیریت ناوگان در محیط لجستیک شهری. دهمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، تهران.



Investigating Sustainable Development in the Road Freight Transport Sector: Challenges and Solutions in Iran

Ehsan Mohammad Hassani

Ph.D. student, Department of Natural Environmental, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Author's E-mail: ehsan.hassani.74@ut.ac.ir

Abstract

Road freight transport plays a pivotal role in the economic development of countries, but its activities have significant environmental, economic, and social consequences. Increased energy consumption, air pollutant emissions, and noise pollution are among the environmental challenges of this sector that may not be in line with sustainable development. This article examines the frameworks and approaches for sustainable development in the road freight transport sector and analyzes the current situation in Iran in comparison with international standards and experiences. In this regard, environmental, economic, and social indicators related to freight transport are identified and solutions for improving sustainable performance are presented. The results show that implementing management policies and new technologies, including route optimization, the use of fuel-efficient vehicles, and increased logistics efficiency, can reduce negative environmental impacts and contribute to sustainable development in this sector. This study provides a framework for policy decisions and operational planning in road freight transport.

Keywords: Sustainable development, Environmental impacts, Logistics efficiency, Fleet management, Green policies

Mohammad Hassani, E. (2025). Investigating Sustainable Development in the Road Freight Transport Sector: Challenges and Solutions in Iran. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(3), 48-56.