



فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری

صفحه‌ی اصلی وب سایت مجله:

www.jqe.scu.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۴۲۷۱

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۵۸۵۰



دانشگاه شهید چمران اهواز

بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل و نقل و تخریب

زیست‌محیطی در ایران: رویکرد جداسازی

فرشته محمدیان*^{ID}

* استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. (نویسنده مسئول)

اطلاعات مقاله	طبقه‌بندی JEL: R41, Q18, C43
تاریخ دریافت: ۱ آبان ۱۴۰۰	واژگان کلیدی:
تاریخ بازنگری: ۷ بهمن ۱۴۰۰	جداسازی، تولید ناخالص داخلی، حمل و نقل، انتشار
تاریخ پذیرش: ۱۰ بهمن ۱۴۰۰	دی‌اکسیدکربن، ایران.
ارتباط با نویسنده (گان) مسئول:	آدرس پستی:
ایمیل:	ایران، ایلام، دانشگاه ایلام، دانشکده ادبیات و علوم انسانی،
F.Mohamadian@ilam.ac.ir	گروه اقتصاد، صندوق پستی ۵۱۶-۶۹۳۱۵
^{ID} 0000-0002-9680-530X	

قدردانی: از نظرات و پیشنهادات ارزشمند داوران که کیفیت این مقاله را بهبود بخشیده‌اند قدردانی می‌شود.
تضاد منافع: نویسنده مقاله اعلام می‌کند که در انتشار مقاله ارائه شده تضاد منافی وجود ندارد.
منابع مالی: نویسنده هیچگونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده است.

چکیده

هدف اصلی این مقاله بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل و نقل و انتشار کربن با به‌کارگیری رویکرد جداسازی است. دستیابی به توسعه اقتصادی بدون افزایش متناسب فعالیت حمل و نقل و میزان انتشار کربن به عنوان جداسازی رشد اقتصادی از رشد حمل و نقل و جداسازی رشد حمل و نقل از رشد کربن شناخته می‌شود. برای این منظور با استفاده از داده‌های حجم حمل و نقل بار و مسافر، انتشار کربن ناشی از بخش حمل و نقل و تولید ناخالص داخلی واقعی بدون نفت و به‌کارگیری روش‌شناسی جداسازی وضعیت‌های مختلف ارتباط بین

تخریب زیست‌محیطی، حجم حمل و نقل و رشد اقتصادی در بخش حمل و نقل ایران در طی چهار دوره شامل دو دوره قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (۸۳-۱۳۷۹، ۸۸-۱۳۸۴) و دو دوره بعد از اجرای این قانون (۹۳-۱۳۸۹، ۹۷-۱۳۹۴) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل برای چهار دوره مذکور، اصلاح قیمت‌های انرژی در سال ۱۳۸۹ هر چند باعث شد که رابطه بین رشد اقتصادی و رشد حمل و نقل از پیوند رو به رشد (رشد اقتصادی توأم با رشد حجم حمل و نقل) به جداسازی قوی (رشد اقتصادی توأم با کاهش حجم حمل و نقل) تغییر یابد اما به دلیل عدم برقراری وضعیت جداسازی قوی بین رشد حمل و نقل و رشد آلودگی، اصلاح قیمت‌های انرژی منجر به کاهش نشر کربن نشده است. از این رو دستیابی به توسعه کم کربن در بخش حمل و نقل کشور تنها با اصلاح قیمت‌های انرژی تحقق نمی‌یابد و مستلزم به‌کارگیری سیاست‌های مرتبط با بهبود کارایی انرژی و تکنولوژی‌های مرتبط با کاهش نشر کربن است.

ارجاع به مقاله:

محمدیان، فرشته. (۱۴۰۲). بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل و نقل و تخریب زیست‌محیطی در ایران: رویکرد جداسازی. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، ۲۰(۱)، ۲۳۱-۱۹۵.



[10.22055/JQE.2022.38971.2428](https://doi.org/10.22055/JQE.2022.38971.2428)



© 2023 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



۱- مقدمه

از لحاظ نظری، تقاضا برای حمل و نقل، عمدتاً در گروه تقاضای مشتق شده دسته‌بندی می‌شود به این معنی که تقاضا برای محصولات سایر فعالیت‌های اقتصادی است که موجب ایجاد تقاضا برای خدمات این رشته فعالیت می‌شود (Sharify, 2012). در جهان امروز، بخش حمل و نقل از جمله بخش‌های زیربنایی هر جامعه است که علاوه بر تحت تاثیر قرار دادن فرآیند توسعه اقتصادی، خود نیز در جریان توسعه دچار تغییر و تحول می‌شود. نقش مذکور ناشی از تاثیر قابل توجه خدمات حمل و نقل بر انتقال سرمایه‌های انسانی و ارتباط بازارهای تولید و مصرف در سراسر جهان است. بر این اساس، خدمات حمل و نقل علاوه بر ایجاد امکانات برای توزیع صحیح و سریع تولیدات داخلی، زمینه افزایش آنها را نیز فراهم می‌کند (Abolhasani, Motaghi & Saffarzadeh, 2019). البته این ساز و کار فقط در سطح ملی صورت نمی‌گیرد، بلکه سطوح بین‌المللی را نیز پوشش می‌دهد، در بعد بین‌المللی حمل و نقل نقش موثری در دستیابی به تولیدات رقابتی و افزایش صادرات کشورها دارد.

اقتصاددانان و برنامه‌ریزان، رشد اقتصادی را مشروط و منوط به توسعه بخش حمل و نقل و تسهیلات ارتباطی و خدمات وابسته به آن می‌دانند (Pahlavani, Mehrabi & Afshar pour, 2014). البته رشد و توسعه اقتصادی و افزایش میزان حمل و نقل بار و مسافر، علاوه بر آثار مثبت اقتصادی و رفاهی تاثیر انکارناپذیری بر میزان انتشار آلاینده‌ها دارد. بر اساس محاسبات آژانس بین‌المللی انرژی، در سال ۲۰۱۹ بخش حمل و نقل ۲۹٫۰۹ درصد از کل مصرف انرژی و ۲۴ درصد از کل انتشار دی‌اکسیدکربن جهان را به خود اختصاص داده است (IEA, 2021). در ایران نیز بر اساس ترازنامه‌های انرژی کشور سهم بخش حمل و نقل از انتشار دی‌اکسیدکربن در دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۷ به طور متوسط ۲۴٫۵ درصد است. نگرانی‌ها در مورد اثرات زیست‌محیطی حمل و نقل، هم از نظر جستجوی یک سیاست حمل و نقل پایدار و هم از نظر دستیابی به یک استراتژی توسعه پایدار جامع، این بخش را در مرکز توجه سیاست‌گذاران قرار داده است. دستیابی به رشد مداوم اقتصادی، اما با مشارکت (سهم) کمتر حمل و نقل، نشان‌دهنده جداسازی حمل و نقل و رشد اقتصادی است. مدت‌ها است که تصدیق شده است که رشد حمل و نقل در هر دو بخش مسافر و بار همسو با رشد تولید ناخالص داخلی ادامه داشته است. اما سوال

اصلی مورد بحث در ادبیات مربوطه این است که آیا این پیوند می‌تواند و باید قطع شود؟ این جداسازی عنصری اساسی در دستیابی به حمل و نقل پایدار است. جداسازی حمل و نقل بار و مسافر و رشد اقتصادی به شرطی رخ می‌دهد که رشد تولید ناخالص داخلی بیشتر از رشد حمل و نقل باشد.

از طرف دیگر ارتباط تنگاتنگی بین رشد تولید ناخالص داخلی و رشد حجم حمل و نقل و استفاده از انرژی وجود دارد. حمل و نقل از نظر انرژی تقریباً به طور کامل وابسته به نفت است و افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش حمل و نقل باعث افزایش نگرانی‌ها می‌شود. در حال حاضر یک راهکار مهم برای کاهش سهم حمل و نقل در گرم شدن کره زمین، کاهش انتشارکربن این بخش از طریق افزایش استفاده از سوخت‌های جایگزین، افزایش کارایی در مصرف سوخت، افزایش ظرفیت بارگیری و کاهش مسافت طی شده است. بعلاوه، انتشار کربن بخش حمل و نقل ناشی از میزان فعالیت حمل و نقل و کارایی تکنولوژیکی حمل و نقل است. بنابراین هدف یک سیستم حمل و نقل پایدار باید بهبود دسترسی به کالاها و خدمات بدون جابجایی زیاد یا غیرضروری و انتشار آلودگی ناشی از آن باشد. به عبارت دیگر، رشد اقتصادی باید با حمل و نقل کمتری (حداقل از نظر استفاده از منابع و اثرات زیست‌محیطی) تحقق یابد. دستیابی به توسعه اقتصادی بدون افزایش متناسب فعالیت حمل و نقل (و میزان انتشار) به عنوان "جداسازی" شناخته می‌شود. ادعا می‌شود که جداسازی تقاضای حمل و نقل از توسعه اقتصادی تنها راه برای ایجاد پایداری بلندمدت است.

چالش اصلی برای ایران و همچنین سایر کشورهای در حال توسعه این است که برای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن به ویژه در بخش حمل و نقل چه باید کرد به طوری که دستیابی به توسعه اقتصادی مختل نشود. جداسازی انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل از رشد اقتصادی، کلید ارائه یک راه‌حل عملی برای دستیابی به توسعه اقتصادی کم‌کربن است. مفهوم جداسازی به شرایطی اشاره دارد که فعالیت اقتصادی کل افزایش می‌یابد اما تخریب زیست‌محیطی (ES^1) در همان دوره زمانی کاهش می‌یابد. این مفهوم اولین بار به وسیله OECD در اواخر قرن بیستم مطرح شد (OECD, 2000). سپس ویهماس

¹ Environmental Stress

و همکاران (۲۰۰۳) و تاپیو (۲۰۰۵) این روش را توسعه دادند (Vehmas, Malaska, Luukkanen, Kaivo-oja, Hietanen, Vinnari & Ilvonen, 2003, Tapio, 2005). در این زمینه ویهماس و همکاران با ارایه چارچوبی علمی جنبه‌های مختلف جداسازی را تشریح کردند و تاپیو مدل جداسازی مبتنی بر کشش را ارائه داد. جداسازی انتشار دی‌اکسیدکربن از رشد اقتصادی متعاقباً به یک موضوع داغ تبدیل شد زیرا رشد اقتصادی مطلوب است، اما انتشار دی‌اکسیدکربن مطلوب نیست (Andreoni & Galmarini, 2012, Muradov, 2013, Riti, Song, Shu & Kamah, 2017, Zhang, 2018).

این نکته که در هر کشوری با هر وضعیت اقتصادی، تولید و حمل و نقل لازم و ملزوم یکدیگرند موجب شده است که بخش حمل و نقل در تحقیقات جداسازی توجه بسیاری را به خود جلب کند به طوری که در خارج از کشور تحقیقات زیادی در سطوح ملی، منطقه‌ای و استانی انجام شده است (Loo & Banister, 2016, Wu, Zhu & Zhu, 2018, Wang, Zhou, Zhu, Zhang & Zhang, 2018) اما در ایران تا کنون این مهم مورد توجه محققان قرار نگرفته است. بنابراین مطالعه حاضر بر آن است تا با بررسی این موضوع در ایران سهمی در شناسایی اقدامات مناسب برای دستیابی به کربن‌زدایی در بخش حمل و نقل داشته باشد. برای این منظور در ادامه ساختار مقاله به این شرح است که در بخش دوم، مبانی نظری، بخش سوم، پیشینه پژوهش، بخش چهارم، داده‌ها و روش تحقیق، بخش پنجم، تحلیل نتایج و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی ارائه می‌شود.

۲- مبانی نظری

مجموعه سیاست‌های اقتصادی طی دهه‌های اخیر به گونه‌ای بوده است که چالش‌های زیست‌محیطی به یکی از مهمترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران تبدیل شده است (Delangizan, Khanzadi & Heidarian, 2015). امروزه کاهش انتشار کربن یک چالش زیست‌محیطی جهانی است به طوری که تعداد فزاینده‌ای از مطالعات شروع به تمرکز بر تجزیه تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن برای شناسایی عوامل محرک آن کرده‌اند (Yang & Ma, 2019). برای تجزیه تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل مختلف محرک آن تکنیک‌های زیادی در دسترس است. در میان آنها، تحلیل تجزیه ساختاری (SDA²) و تحلیل

² Structural Decomposition Analysis

تجزیه شاخص (IDA³) دو رویکرد معمول هستند که به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Xu, He, Long, Chen & Zhang, 2016). تجزیه و تحلیل SDA مبتنی بر داده-ستانده است و برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، روش جامع‌تری است (Boqiang & Liu, 2017). با این حال، نیاز به جمع‌آوری حجم عظیمی از داده‌ها در روش SDA یک اشکال مهم تلقی می‌شود (Wang, Hang, Zhou & Wang, 2016). در مقایسه با SDA، نیاز داده‌ای در روش IDA نسبتاً کمتر است. یکی از معمول‌ترین روش‌های مبتنی بر IDA، تکنیک تجزیه شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI⁴) است که به دلایل داشتن مبانی نظری، سازگار بودن، استفاده آسان و سادگی تفسیر نتایج توسط بسیاری از محققان به کار گرفته شده است. با این وجود امروزه در بسیاری از مطالعات تجزیه و تحلیل جداسازی⁵، به عنوان یک مفهوم جدیدتر که نیاز به داده‌ها و محاسبه کمتری دارد و در مقابل جزئیات بیشتری در خصوص نوع رابطه بین رشد اقتصادی و نشر کربن در اختیار قرار می‌دهد، مورد توجه ویژه قرار گرفته است و تعداد قابل توجهی از مطالعات برای بررسی روابط بین رشد اقتصادی، استفاده از انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای این روش را به کار برده‌اند (Ma & Cai, 2019). از نظر سیر تاریخی، تعریف جداسازی از فیزیک آغاز شده است و به زدودن اثر تداخل متقابل بین سیگنال‌ها اشاره دارد. OECD اولین سازمانی بود که تعریف جداسازی را به صورت زدودن پیوند بین کیفیت محیط‌زیست و فعالیت‌های اقتصادی پیشنهاد داد (OECD, 2001). با این حال، مدل OECD دارای معایب مختلفی مانند اندازه‌گیری (سنجش) نادرست و معیارها (سنجه‌های) نامشخص است (Zhao, Zhang, Li, Shao & Geng, 2017). برای غلبه بر این موانع، ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) و تاپیو (۲۰۰۵) این روش را توسعه دادند. ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) با مروری بر ادبیات مربوطه یک چارچوب جامع از جنبه‌های مختلف جداسازی ارائه کردند. سپس تاپیو (۲۰۰۵) با انجام برخی اصلاحات در طبقه‌بندی ارائه شده توسط ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) مدل جامع‌تری ارائه کرد و همین امر باعث شد که مدل جداسازی پیشنهاد شده توسط تاپیو (۲۰۰۵) به طور گسترده‌ای برای تجزیه و تحلیل رابطه بین رشد اقتصادی و آثار خارجی منفی زیست‌محیطی،

³ Index Decomposition Analysis

⁴ Logarithmic Mean Divisia Indx

⁵ Decoupling

به ویژه انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل به کار گرفته شود (Naqvi & Zwickl, 2017, Fan & Lei, 2017, Andreoni & Galmarini, 2012, Muradov, 2013, Riti et al., 2017). در ادامه در ابتدا با ذکر جزئیات بیشتر مفهوم جداسازی تبیین و ارتباط آن با فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس مشخص می‌شود، سپس طبقه‌بندی ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) معرفی و در نهایت روش تاپیو (۲۰۰۵) ارائه می‌شود.

مفهوم پیوندزدایی یا جداسازی به شرایطی اشاره دارد که فعالیت اقتصادی کل افزایش می‌یابد اما تخریب زیست‌محیطی (ES) در همان دوره زمانی کاهش می‌یابد. دی‌بریون (۱۹۹۷) دو شکل از پیوندزدایی را در یک اقتصاد در حال رشد مشخص کرده است، یکی جداسازی/پیوندزدایی ضعیف و دیگری جداسازی/پیوندزدایی قوی است (De Bruyn, 1997). برای درک بهتر دو مفهوم پیوندزدایی ضعیف و قوی، فرض کنید تخریب محیط‌زیست را با نماد ES و تولید را با نماد GDP نمایش دهیم در پیوندزدایی ضعیف نرخ رشد تخریب محیط‌زیست و نرخ رشد اقتصادی هر دو مثبت و نرخ تخریب محیط‌زیست کوچکتر از نرخ رشد اقتصادی است. در مقابل در پیوندزدایی قوی نرخ رشد تخریب محیط‌زیست منفی ولی نرخ رشد اقتصادی مثبت است. طرفداران رشد اقتصادی استدلال می‌کنند که چنین فرایندهای انتقالی با رشد اقتصادی بهبود می‌یابند و از این‌رو تغییرات تخریب زیست‌محیطی (ESA) می‌تواند به صورت تابعی غیرمثبت (منفی یا مستقل) از تغییرات تولید ناخالص داخلی (GDP) تبدیل شود. این ایده همان فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس EKC است (Panayotou, 1993, Grossman & Krueger, 1995, Rothman & De Bruyn, 1998, Borghesi, 1999). فرضیه EKC بیان می‌کند که رشد اقتصادی ابتدا تخریب زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد، اما در سطح معینی از درآمد، تخریب زیست‌محیطی به صورت درونزا یا "به طور خودکار" شروع به کاهش می‌کند. ادبیات اخیر در مورد فرضیه EKC نشان می‌دهد که ممکن است عوامل دیگری غیر از رشد درآمد وجود داشته باشد که شیب منفی EKC را تعیین می‌کند (Dinda, 2004, Magnani, 2000, De Bruyn, 2001). دیندا (۲۰۰۴) در بررسی خود از منابع موجود EKC، کشش درآمدی تقاضای کیفیت محیط‌زیست، اثرات مقیاس، تکنولوژی و ترکیب، تجارت بین‌المللی، مکانیزم بازار و مقررات را به عنوان مهمترین این عوامل ذکر کرده است (Dinda, 2004). این حال، شناسایی این عوامل و برآورد تجربی اثرات آنها کار ساده‌ای نیست. بنابراین برخی محققان بیان می‌دارند که وجود یک منحنی EKC به شکل U معکوس هیچ چیزی در مورد

دلایل کاهش تخریب محیط‌زیست نمی‌گوید. از این‌رو، بر مراحل اولیه توسعه در چارچوب نظری EKC تأکید می‌کنند (Yandle, Vijayaraghavan & Bhattarai, 2002, Magnani, 2001, De Bruyn, 2000). با فرض اینکه فرضیه EKC برقرار است، هنوز تردیدهایی وجود دارد که آیا بهبودهای مشاهده شده در کارایی زیست‌محیطی را می‌توان در آینده نیز برون‌یابی کرد. ممکن است زمانی یا سطح درآمدی وجود داشته باشد که شرایط پیوندزدایی ضعیف یا قوی دیگر برقرار نباشد زیرا امکانات برای افزایش کارایی‌های زیست‌محیطی ممکن است یک کران بالایی اقتصادی یا تکنولوژیکی داشته باشد (De Bruyn, 1997, 2000). از آن نقطه به بعد مولفه‌های رشد اقتصادی ممکن است مسلط‌تر شوند و تخریب زیست‌محیطی و تولید ناخالص داخلی دوباره مرتبط خواهند شد حداقل تا زمانی که پیشرفت‌های بیشتر تکنولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی یا دیگر ابتکارات و نوآوری‌ها حاصل شود. این پیش‌بینی را فرضیه پیوند مجدد می‌نامند (De Bruyn, 1997, 2000). پیوند مجدد فرآیندی است که در آن شدت تخریب زیست‌محیطی (ES) تثبیت شده یا دوباره شروع به افزایش می‌کند و دلالت دارد بر اینکه شدت تخریب زیست‌محیطی ناشی از تولید ناخالص داخلی با گذشت زمان افزایش می‌یابد. پیوند مجدد خود به دو حالت "پیوند مجدد ضعیف" و "پیوند مجدد قوی" دسته‌بندی می‌شود که در هر دو حالت مذکور نرخ رشد اقتصادی منفی است اما در حالت "پیوند مجدد ضعیف" نرخ رشد تخریب محیط زیست منفی است در حالی که در حالت پیوند مجدد قوی نرخ رشد تخریب محیط زیست مثبت است و این بدان معنی است که در شرایط پیوند مجدد ضعیف، تخریب زیست‌محیطی می‌تواند کاهش یابد، اما فقط در صورتی که رشد اقتصادی کاهش یابد. در حالی که در وضعیت "پیوند مجدد قوی" تخریب زیست‌محیطی حتی با کاهش نرخ رشد اقتصادی نیز در طی زمان افزایش می‌یابد.

مطابق آنچه که بحث شد می‌توان گفت که موضوع پیوندزدایی و پیوند مجدد با تغییر در تخریب زیست‌محیطی ($ES\Delta$)، تغییر در تولید ناخالص داخلی ($GDP\Delta$) و تغییر در شدت زیست‌محیطی تولید ناخالص داخلی ($(ES/GDP)\Delta$)، سروکار دارد. ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) با در نظر گرفتن دو تغییر جهت محتمل افزایشی و کاهشی برای هر یک از سه متغیر مذکور، هشت ترکیب مختلف از درجات مختلف فرآیند پیوند را تعریف کردند (جدول (۱) را ببینید). آنها اظهار داشتند که در عمل، فقط شش ترکیب از نظر منطقی



امکانپذیر است زیرا رابطه $\Delta(ES/GDP)$ ، به وسیله $\Delta(ES)$ و $\Delta(GDP)$ تعیین می‌شود بنابراین ΔES افزایشی و ΔGDP کاهش می‌تواند $\Delta(ES/GDP)$ کاهش را در همان بازه زمانی فراهم کند و به طور مشابه ترکیبی با ΔES کاهش و ΔGDP افزایشی نمی‌تواند $\Delta(ES/GDP)$ افزایشی را نتیجه دهد (Vehmas et al., 2003). شش ترکیب ممکن از تغییرات ES ، GDP و $\Delta(ES/GDP)$ را که می‌توان به عنوان درجات مختلف فرآیند پیوند تفسیر کرد در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. درجات مختلف فرآیند پیوند بر اساس رویکرد ویهماس و همکاران (۲۰۰۳)

ماخذ: Vehmas et al., 2003

Table 1. Degrees of the linking process

Source: Vehmas et al., 2003

Change in intensity (ES/GDP) Δ		Change in activity GDP Δ		Change in ES ES Δ		درجات پیوند
0>	0<	0>	0<	0>	0<	
	*	*		*		پیوندزایی ضعیف ^۶
	*	*			*	پیوندزایی قوی ^۷
	*		*	*	*	پیوندزایی بازگشتی ^۸
	*		*	*		وضعیت غیرممکن
*			*		*	پیوند مجدد ضعیف ^۹
*			*	*		پیوند مجدد قوی ^{۱۰}
*		*		*		پیوند مجدد رو به رشد/ توسعه ^{۱۱}
*		*			*	وضعیت غیرممکن

مطابق دسته‌بندی ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) در جدول ۱، در تعریف درجه پیوندزایی و پیوند مجدد، شدت تخریب زیست‌محیطی فعالیت اقتصادی $\Delta(ES/GDP)$ عنصری تعیین

⁶ Weak de-linking

⁷ Strong de-linking

⁸ Recessive de-linking

⁹ Weak re-linking

¹⁰ Strong re-linking

¹¹ Expansive re-linking

کننده است. هنگامی که تغییر شدت تخریب زیست‌محیطی تولید ناخالص داخلی منفی است، در مورد درجات مختلف پیوندزدایی صحبت می‌کنیم. هنگامی که تغییر در ES منفی، تغییر در GDP مثبت و تغییر در $\Delta(ES/GDP)$ منفی است، این وضعیت می‌تواند به عنوان پیوندزدایی قوی تعریف شود. در عمل، این بدان معنی است که رشد اقتصادی به وسیله فناوری کارتر همراه با کاهش تخریب زیست‌محیطی حاصل می‌شود. با پیروی از قواعد دی‌بریون (۲۰۰۰)، تغییرات مثبت در هر دوی GDP و ES همراه با تغییر منفی در $\Delta(ES/GDP)$ می‌تواند به عنوان پیوندزدایی ضعیف تعریف شود. در عمل، پیوندزدایی ضعیف به این معنی است که با وجود بهبودهای کارایی، تخریب زیست‌محیطی در خلال رشد GDP افزایش می‌یابد. درجه سوم پیوندزدایی که در آن تغییرات تمام متغیرها (GDP، ES و $\Delta(ES/GDP)$) منفی است، می‌تواند به عنوان پیوندزدایی بازگشتی (مغلوب) تعریف شود. در این حالت، کاهش GDP باعث کاهش در تخریب زیست‌محیطی نیز می‌شود، اما همزمان ممکن است برخی بهبودهای کارایی اتفاق بیفتند. این یک مفهوم جدید است، زیرا دی‌بریون (۲۰۰۰) و دیگر محققان معمولاً امکان کاهش GDP را کنار گذاشته‌اند (De Bruyn, 2000). وقتی که تغییر شدت تخریب زیست‌محیطی مثبت است در مورد درجات مختلف پیوند مجدد صحبت می‌کنیم. در رابطه با تجزیه و تحلیل ارائه شده توسط دی‌بریون (۲۰۰۰)، در اینجا سه مفهوم جدید ظاهر می‌شود زیرا او با مفهوم پیوند مجدد بدون هیچ پسوندی سروکار داشت. وقتی که تغییر ES مثبت، تغییر GDP منفی، تغییر در $\Delta(ES/GDP)$ مثبت باشد، در مورد پیوند مجدد قوی صحبت می‌کنیم. در اینجا تخریب زیست‌محیطی با وجود کاهش GDP، به دلیل افزایش شدت زیست‌محیطی GDP، افزایش می‌یابد. تغییرات منفی در GDP و ES اما تغییر مثبت در $\Delta(ES/GDP)$ را می‌توان به عنوان پیوند مجدد ضعیف تعریف کرد. در اینجا تخریب زیست‌محیطی به دلیل کاهش GDP کاهش می‌یابد، اگرچه شدت زیست‌محیطی افزایش می‌یابد. وقتی تغییرات هم در GDP و هم در ES مثبت باشد و تغییر در $\Delta(ES/GDP)$ نیز مثبت باشد، در مورد پیوند مجدد رو به رشد/توسعه صحبت می‌کنیم. در عمل، رشد اقتصادی به وسیله فناوری ناکارتر با افزایش تخریب زیست‌محیطی انجام می‌شود.

همانطور که ذکر شد تاپیو (۲۰۰۵) با اصلاح دسته بندی ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) روش آنها را ارتقا بخشید. در انجام این کار تاپیو (۲۰۰۵)، اول، شش حالت ممکن ویهماس

و همکاران (۲۰۰۳) را به هشت حالت منطقی ممکن تغییر داد، دوم، مفهوم جداسازی منفی را مطرح کرد و سوم، با تعریف بازه‌های مشخص برای کشش تخریب محیط‌زیست نسبت به رشد اقتصادی هر کدام از حالت‌های جداسازی و پیوند را دقیق‌تر مشخص ساخت که در ادامه با جزئیات بیشتری به معرفی روش وی می‌پردازم.

قبل از هر چیز لازم است که سه کشش مختلف که مدل تاپیو بر آنها مبتنی است معرفی شوند که این کار در روابط (۱)، (۲) و (۳) انجام شده است.

$$GDP \text{ elasticity of transport} = \frac{\Delta VOL\%}{\Delta GDP\%} \quad (1)$$

$$Transport \text{ elasticity of } CO_2 \text{ emissions} = \frac{\Delta CO_2\%}{\Delta VOL\%} \quad (2)$$

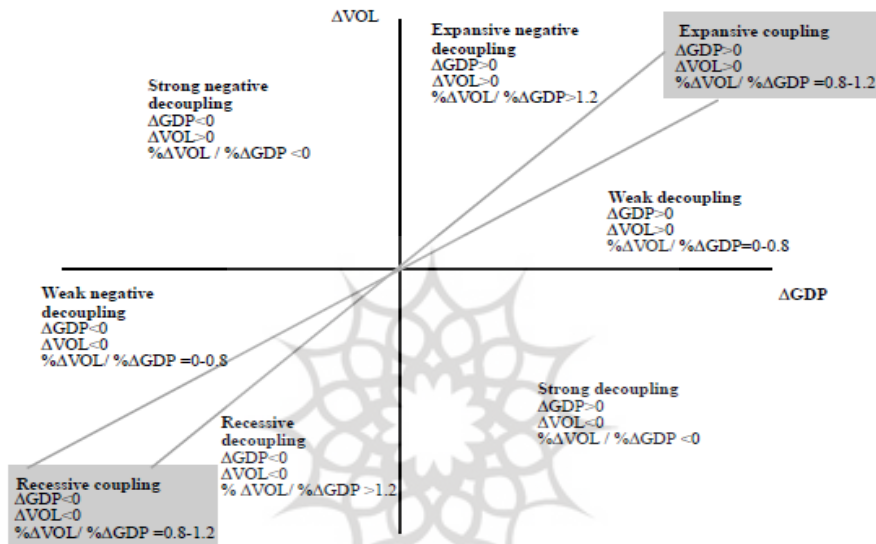
$$GDP \text{ elasticity of transport } CO_2 = \frac{\Delta CO_2\%}{\Delta GDP\%} \quad (3)$$

مبتنی بر روابط مذکور برای بیان جنبه‌های مختلف جداسازی مفاهیم مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است، به عنوان مثال جداسازی اندازه‌گیری شده به وسیله معادله (۱) با عناوین رشد کیفی یا تغییرات ساختاری نیز نامیده شده است (Janicke, 1988, Tapio, 2002a). همچنین جداسازی اندازه‌گیری شده به وسیله معادله (۲) با عناوین دیگری از جمله کارایی زیست‌محیطی و یا پیشرفت فنی نام‌گذاری شده است (Hinterberger & Schmidt-Bleek, 1999, Tapio, 2002a, De Bruyn, 2002, Schmidt-Bleek, 1999) و در نهایت جداسازی اندازه‌گیری شده به وسیله معادله (۳) نیز با اسامی کربن‌زدایی و پیوندزدایی نام‌گذاری شده است (De Bruyn, van den Bergh & Opschoor, 1998, Hinterberger & Schmidt-Bleek, 1999, Schmidt-Bleek, 2000).

مبتنی بر چارچوب ارائه شده توسط تاپیو (۲۰۰۵) که در شکل ۱ آمده است، می‌توان هشت حالت منطقی ممکن در مورد جداسازی را متصور شد. نرخ رشد اقتصادی و نرخ رشد شاخص حجم حمل و نقل (معادله (۱)) می‌توانند سه حالت اتصال (پیوند)^{۱۲}، جدا شده و جدا شده منفی داشته باشند. چارچوب مشابهی را می‌توان برای تحلیل معادله‌های (۲) و (۳) به کار برد. با هدف اینکه تغییرات جزئی معنی‌دار تفسیر نشود تغییرات مثبت یا منفی ۲۰ درصد در مقدار پایه کشش (یعنی کشش برابر با یک) همچنان به معنی اتصال (پیوند) تفسیر می‌شود. بنابراین در این مقاله اتصال (پیوند) به صورت مقادیر کشش در بازه

¹² Coupled

[0.8,1.2] تعریف می‌شود. از طرف دیگر نرخ رشد متغیرها به خودی خود می‌تواند مثبت یا منفی باشد، که به صورت اتصال(پیوند) رو به توسعه/ رشد^{۱۳} و اتصال(پیوند) ارتجاعی/ بازگشتی^{۱۴} بیان می‌شوند.



شکل ۱. درجات اتصال(پیوند) و جداسازی نرخ رشد حمل و نقل از نرخ رشد اقتصادی
 ماخذ: Tapio, 2005

Figure 1. The degrees of coupling and decoupling of transport volume growth from economic growth

Source: Tapio, 2005

بعلاوه جداسازی می‌تواند به سه زیر گروه تقسیم شود، یکی جداسازی ضعیف^{۱۵} نام دارد که در آن GDP و حجم حمل و نقل هر دو افزایش می‌یابند و $0 < elasticity < 0.8$ است. دومی جداسازی قوی^{۱۶} است که در آن GDP رشد و حجم حمل و نقل کاهش می‌یابد

¹³ Expansive coupling

¹⁴ Recessive coupling

¹⁵ Weak decoupling

¹⁶ Strong decoupling

و $elasticity < 0$ است و حالت سوم جداسازی ارتجاعی (بازگشتی)^{۱۷} نام دارد که در این حالت GDP و حجم حمل و نقل هر دو کاهش می‌یابند و $elasticity > 1.2$ است. به طور مشابه جداسازی منفی شامل سه زیر گروه زیر است، یکی جداسازی منفی رو به توسعه/ رشد^{۱۸} است که در آن GDP و حجم حمل و نقل هر دو افزایش می‌یابند و $elasticity > 1.2$ است. دومی جداسازی منفی قوی^{۱۹} است که در آن GDP کاهش و حجم حمل و نقل افزایش می‌یابد و $elasticity < 0$ است. سوم جداسازی منفی ضعیف^{۲۰} است که زمانی رخ می‌دهد که GDP و حجم حمل و نقل هر دو کاهش می‌یابند و $0 < elasticity < 0.8$ است.

۳- پیشینه پژوهش

مطالعات مرتبط با موضوع تحقیق در دو بخش داخلی و خارجی بررسی می‌شوند. مطالعات داخلی را که در جدول ۲ آمده‌اند می‌توان در دو دسته طبقه‌بندی کرد، در دسته اول که در دو حوزه استانی و ملی انجام شده‌اند، به طور عمده تمرکز بر ارتباط زیرساخت‌های حمل و نقل و رشد اقتصادی بوده است. سرمایه‌گذاری در حمل و نقل با افزایش امکان دسترسی به بازارهای مصرفی و ستاده‌های تولید، به توسعه اقتصادی کمک می‌کند، حمل و نقل همچنین امکان بازتوزیع مکانی مهارت‌ها را به وجود می‌آورد و به این ترتیب، تولید تخصصی در مناطق مختلف به وجود می‌آید، بنابراین بهبود و تسهیل خدمات حمل و نقل به کاهش هزینه‌های جابجایی، افزایش تقسیم کار جغرافیایی و بالا رفتن حجم مبادلات بین مناطق می‌انجامد (Daii Karimzadeh, Emadzadeh & Kamkar Delakh, 2009). البته رشد و توسعه اقتصادی و افزایش میزان حمل و نقل بار و مسافر، علاوه بر آثار مثبت اقتصادی و رفاهی تاثیر انکارناپذیری بر میزان انتشار آلاینده‌ها دارد بنابراین اگرچه امروزه یکی از اجزای مهم اقتصاد ملی بخش حمل و نقل است اما از تبعات رشد حمل و نقل، انتشار آلاینده‌ها و آلودگی محیط زیست خواهد بود چرا که بخش حمل و نقل معمولاً یکی از مصرف‌کنندگان عمده سوخت‌های فسیلی است. از این‌رو در دسته دوم مطالعات داخلی

¹⁷ Recessive decoupling

¹⁸ Expansive negative decoupling

¹⁹ Strong negative decoupling

²⁰ Weak negative decoupling

به طور عمده تمرکز بر ارتباط رشد اقتصادی و آلاینده‌گی بخش حمل و نقل بوده است. به این ترتیب افزایش ارزش افزوده هر یک از بخش‌های اقتصادی کشور و تعداد وسایل نقلیه اثر مثبت و معنادار بر انتشار آلودگی داشته‌اند.

مطالعات خارجی نیز در **جدول ۳** آمده‌اند، همچنان که نتایج آنها نشان می‌دهد در این مطالعات اشکال مختلف جداسازی در بخش حمل و نقل مشاهده شده است بعلاوه سیاست‌های ملی کاهش انتشار کربن نقش مهمی در دستیابی به انتشار کم کربن در بخش حمل و نقل داشته‌اند. اگرچه در مطالعات خارج از کشور انتشار کربن بخش حمل و نقل به روش‌های مختلف از جمله جداسازی مورد واکاوی قرار گرفته است اما در مطالعات داخلی این مهم با بکارگیری روش جداسازی انجام نشده است بنابراین تحقیق حاضر تلاشی در جهت پر کردن این شکاف مطالعاتی است.

جدول ۲. خلاصه مطالعات داخلی
ماخذ: بررسی‌های محقق

Table 2. Summary of national studies
Source: Researcher reviews

نتایج	روش مطالعه	متغیرها	قلمرو زمانی و مکانی	محقق/ محققان
اثر سرمایه‌گذاری دولت در بخش حمل و نقل بر GDP و مثبت و معنادار است.	ARDL	GDP، اشتغال، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص دولت، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص بخش خصوصی، صادرات	ایران ۸۷-۱۳۵۲	Daii Karimzade, et al. 2009
متغیر شاخص زیرساخت حمل و نقل بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارد.	داده‌های تابلویی	GDP، اشتغال، سرمایه‌گذاری، شاخص زیرساخت حمل و نقل	استان‌های منتخب ایران ^{۳۱} ۹۰-۱۳۷۹	Pahlavani, et al. 2014

^{۳۱} آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، اصفهان، ایلام، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، قم، کردستان، کرمان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان و یزد.



رشد شاخص‌های ترکیبی اثرات اجتماعی منفی و اثرات محیط‌زیستی و اقتصادی حمل و نقل مثبت و منفی بود.	تکنیک‌های کمی و کیفی	شاخص‌های ترکیبی حمل و نقل پایدار	ایران- اصفهان ۲۰۱۲	Sajadi & Taghvaei 2016
بین سرمایه‌گذاری در زیرساخت حمل و نقل و رشد اقتصادی، ارتباط علی دو سویه برقرار است.	VAR و VECM	رشد اقتصادی، رشد سرمایه، زیرساخت حمل و نقل، سرمایه انسانی، رشد اشتغال، جمعیت و صادرات	ایران ۹۵-۱۳۳۸	Abolhasani, et al. 2019
ارزش افزوده هر بخش و تعداد وسایل نقلیه دارای اثر مثبت و معنادار بر انتشار CO2 بخش حمل و نقل استان‌های ایران است.	داده‌های تابلویی	انتشار CO2، تعداد وسایل نقلیه شماره‌گذاری شده در استان‌ها، ارزش افزوده بخش‌ها	استان‌های ایران ۹۳-۱۳۸۹	Maddah & jafari 2019

جدول ۳. خلاصه مطالعات خارجی
ماخذ: بررسی‌های محقق

Table 3. Summary of international studies

Source: Researcher reviews

نتایج	روش مطالعه	متغیرها	قلمرو زمانی و مکانی	محقق/ محققان
کارایی انرژی اثر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش CO2 بخش حمل و نقل دارد.	VAR	انتشار CO2، مصرف انرژی و شدت انرژی حمل و نقل جاده‌ای، شهرنشینی، GDP	تونس ۲۰۱۴-۱۹۸۰	Talbi 2017
با فرض ثبات سایر شرایط رشد اقتصادی منجر به کاهش میزان انتشار کربن در بخش حمل و نقل می‌شود.	LMDI و VECM	مصرف انرژی، انتشار CO2، GDP، جمعیت، تعداد وسایل نقلیه	مراکش ۲۰۱۱-۲۰۰۰	Kharbach & Chfadi 2017
سیاست‌های ملی کاهش انتشار کربن نقش مهمی در دستیابی به انتشار کم کربن در بخش حمل و نقل چین داشته‌اند.	روش بالا-پایین و جداسازی	مصرف انرژی، انتشار CO2، GDP، جمعیت	استان‌های چین ۲۰۱۶-۱۹۹۵	Zheng, et al., 2019

در طول دوره مورد مطالعه تنها چهار حالت جداسازی شامل جداسازی ضعیف، قوی، منفی ضعیف و منفی قوی مشاهده شد.	LMDI و جداسازی	مصرف انرژی، انتشار GDP، CO ₂	کامرون ۲۰۱۶-۱۹۹۰	Engo 2019
اثر درآمدی عامل اصلی افزایش میزان انتشار CO ₂ و اثر شدت انرژی و اثر ساختار حمل و نقل مهمترین عوامل در جلوگیری از انتشار CO ₂ در بخش حمل و نقل چین هستند.	LMDI	مصرف انرژی، انتشار GDP، CO ₂ ، جمعیت، خدمات حمل و نقل بار و مسافر	چین ۲۰۱۵-۲۰۰۰	Zhang, et al., 2019

۴- داده‌ها و روش تحقیق

همانطور که در بخش مبانی نظری بحث شد برای تجزیه تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل مختلف محرک آن تکنیک‌های زیادی از جمله تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) و تحلیل تجزیه شاخص (IDA) به کار می‌رود. با این وجود امروزه در بسیاری از مطالعات تجزیه و تحلیل جداسازی، به عنوان یک مفهوم جدیدتر که نیاز به داده‌ها و محاسبه کمتری دارد و در مقابل جزئیات بیشتری در خصوص نوع رابطه بین رشد اقتصادی و نشر کربن در اختیار قرار می‌دهد، مورد توجه ویژه قرار گرفته است. برای انجام تحلیل جداسازی سه رویکرد OECD، ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) و تاپیو (۲۰۰۵) وجود دارد. رویکرد OECD دارای معایب مختلفی مانند اندازه‌گیری (سنجش) نادرست و معیارها (سنجه‌های) نامشخص است که باعث شد ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) این روش را توسعه دهند و در نهایت تاپیو (۲۰۰۵) با اصلاح دسته‌بندی ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) روش آنها را ارتقا بخشید. در انجام این کار تاپیو (۲۰۰۵)، اول، شش حالت ممکن پیوند و جداسازی معرفی شده توسط ویهماس و همکاران (۲۰۰۳) را به هشت حالت منطقی ممکن تغییر داد، دوم، مفهوم جداسازی منفی را مطرح کرد و سوم، با تعریف بازه‌های مشخص برای کشش تخریب محیط‌زیستی رشد اقتصادی هر کدام از حالت‌های جداسازی و پیوند را دقیق‌تر مشخص ساخت. بر این اساس در این مقاله برای بررسی جداسازی تخریب محیط‌زیست از رشد اقتصادی از رویکرد تاپیو (۲۰۰۵) استفاده می‌شود. جهت درک بهتر رویکرد تاپیو (۲۰۰۵)، روش وی به طور خلاصه در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. درجات مختلف پیوند و جداسازی بر اساس رویکرد تاپیو (۲۰۰۵)

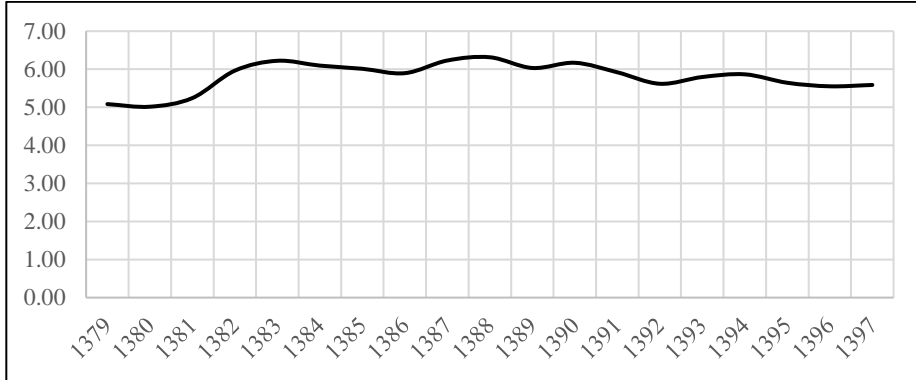
ماخذ: جمع‌بندی محقق بر اساس دسته‌بندی Tapio, 2005

Table 4. The degrees of coupling and decoupling based on Tapio(2005) approach

Source: Researcher Conclusion based on Tapio (2005) Classification

%ΔVOL/%ΔGDP	GDPΔ		VOLΔ		درجات پیوند و جداسازی
	> 0	< 0	> 0	< 0	
[0-0.8]	*		*		جداسازی ضعیف
[0-0.8]		*		*	جداسازی ضعیف منفی
%ΔVOL/%ΔGDP < 0	*			*	جداسازی قوی
%ΔVOL/%ΔGDP < 0		*	*		جداسازی قوی منفی
%ΔVOL/%ΔGDP > 1.2	*		*		جداسازی منفی رو به رشد
%ΔVOL/%ΔGDP > 1.2		*		*	جداسازی بازگشتی
[0.8-1.2]	*		*		پیوند رو به رشد/ توسعه
[0.8-1.2]		*		*	پیوند بازگشتی

داده‌های مورد استفاده در این مقاله از مرکز آمار ایران و ترازنامه‌های انرژی وزارت نیرو طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ استخراج شده است. انتخاب دوره زمانی به گونه‌ای است که ده سال قبل و بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها را پوشش می‌دهد زیرا تغییر قیمت انرژی در این دوره می‌تواند فعالیت‌های بخش حمل و نقل کشور، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن را تحت تأثیر قرار دهد. متغیرهای این تحقیق شامل ارزش افزوده زیربخش‌های بخش حمل و نقل (حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی)، GDP بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰، کل حجم مسافر و بار بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن است. برای معرفی بخش حمل و نقل و جایگاه آن در اقتصاد کشور در ادامه تحلیل توصیفی داده‌ها ارائه می‌شود. شکل ۲ نشان می‌دهد که طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ سهم بخش حمل و نقل از GDP بدون نفت دارای روندی تقریباً باثبات و به طور متوسط ۵.۸ درصد است.

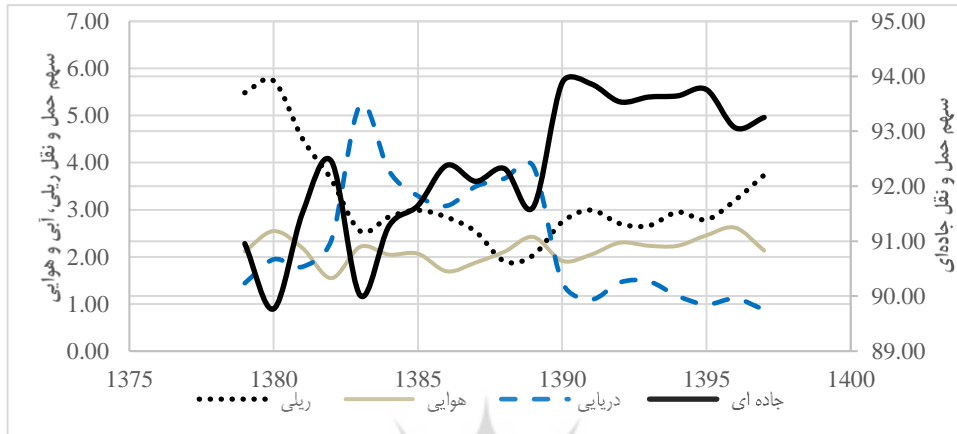


شکل ۲. نسبت ارزش افزوده بخش حمل و نقل به GDP بدون نفت (به درصد)
 ماخذ: یافته‌های پژوهش

Figure 2. Ratio of value of added of the transport sector to non oil GDP (in percent)

Source: Research Findings

سهم زیربخش‌های مختلف از کل ارزش افزوده بخش حمل و نقل در شکل ۳، نشان می‌دهد که طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ حمل و نقل جاده‌ای با متوسط سهم ۹۲.۳۵ درصد بیشترین سهم را دارد. سه زیر بخش هوایی، دریایی و ریلی روی هم رفته کمتر از ۸ درصد کل ارزش افزوده بخش حمل و نقل کشور را ایجاد می‌کنند. در این نمودار سهم حمل و نقل دریایی و ریلی از ارزش افزوده بخش حمل و نقل کشور روندهای متضادی را نشان می‌دهند به طوری که حمل و نقل ریلی یک روند تقریباً U شکل و سهم حمل و نقل دریایی روندی U معکوس شکل را نشان می‌دهد. بعد از هدفمندی یارانه‌ها نیز سهم حمل و نقل جاده‌ای و ریلی روندی صعودی ولی حمل و نقل دریایی روندی نزولی را در پیش گرفته‌اند و تغییر چندانی در روند سهم حمل و نقل هوایی مشاهده نمی‌شود.



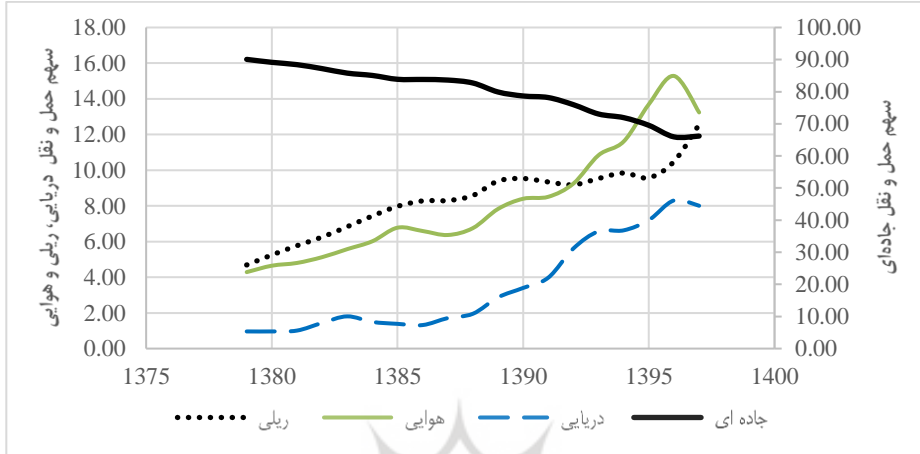
شکل ۳. سهم زیربخش‌ها از کل ارزش افزوده بخش حمل و نقل کشور (به درصد)

ماخذ: یافته‌های پژوهش

Figure 3. Sub-sectors share of the total value added of the transport sector (in percent)

Source: Research Findings

داده‌های مربوط به سهم زیربخش‌های مختلف حمل و نقل از کل جابجایی مسافر در شکل ۴ آمده است. در طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ به طور متوسط سالیانه ۲۶۶ میلیون مسافر توسط بخش حمل و نقل کشور جابجا شده است که در این میان حمل و نقل جاده‌ای با سهم ۷۶ درصدی بیشترین نقش را دارد. متوسط سهم سایر زیربخش‌های حمل و نقل (شامل ریلی، هوایی و دریایی) از کل جابجایی مسافر در کشور به ترتیب ۸.۱۵، ۷.۸۵ و ۳.۴۰ درصد است. شکل ۴ نشان می‌دهد که در طی دوره مورد بررسی سهم زیربخش حمل و نقل جاده‌ای نزولی (از ۹۰ درصد به ۶۶ درصد) ولی سهم زیربخش‌های حمل و نقل هوایی (از ۴.۲۹ به ۱۲.۴۳ درصد)، دریایی (از ۰.۹۶ به ۷.۸۱ درصد) و ریلی (از ۴.۲۹ به ۱۳.۲۲ درصد) صعودی بوده است.

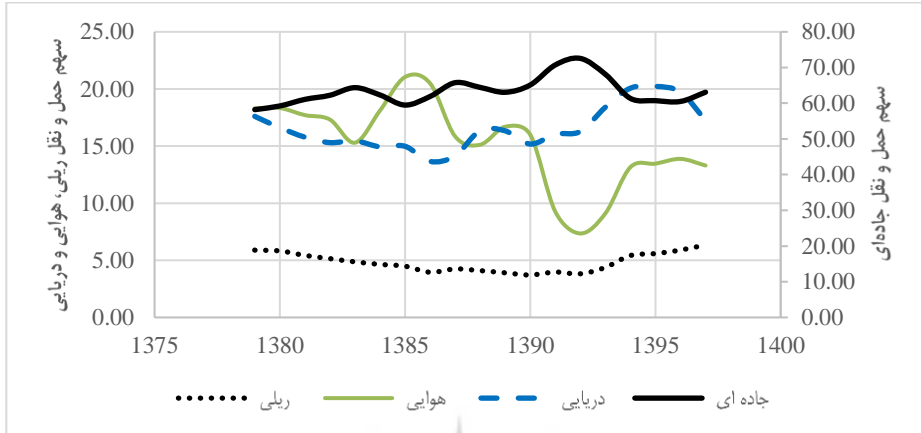


شکل ۴. سهم زیربخش‌ها از کل جابجایی مسافر توسط بخش حمل و نقل کشور (به درصد)
 ماخذ: یافته‌های پژوهش

Figure 4. Sub-sectors share of the total passenger movement by the transport sector (in percent)

Source: Research Findings

شکل ۵ داده‌های مربوط به سهم زیربخش‌های مختلف حمل و نقل از کل حمل بار را تصویر می‌کند. در طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ به طور متوسط سالانه ۷۱۱ میلیون تن کالا توسط همه بخش‌های حمل و نقل کشور جابجا شده است که در این میان حمل و نقل جاده‌ای با سهم ۶۴ درصدی بیشترین نقش را داشته است. متوسط سهم سایر زیربخش‌های حمل و نقل (شامل ریلی، هوایی و دریایی) از کل جابجای کالا در کشور به ترتیب ۴.۷، ۱۶.۵ و ۱۶.۵ درصد است. در بخش حمل کالا نیز مشابه بخش حمل مسافر بیشترین نقش را حمل و نقل جاده‌ای دارد با این تفاوت که در زمینه حمل کالا سایر زیربخش‌های بخش حمل و نقل نسبت به حمل مسافر سهم بیشتری دارند. در بخش حمل و نقل مسافر مجموع سهم سه زیربخش دریایی، ریلی و هوایی ۲۴ درصد در حالی که در بخش حمل کالا سهم این زیربخش‌ها ۳۶ درصد است.

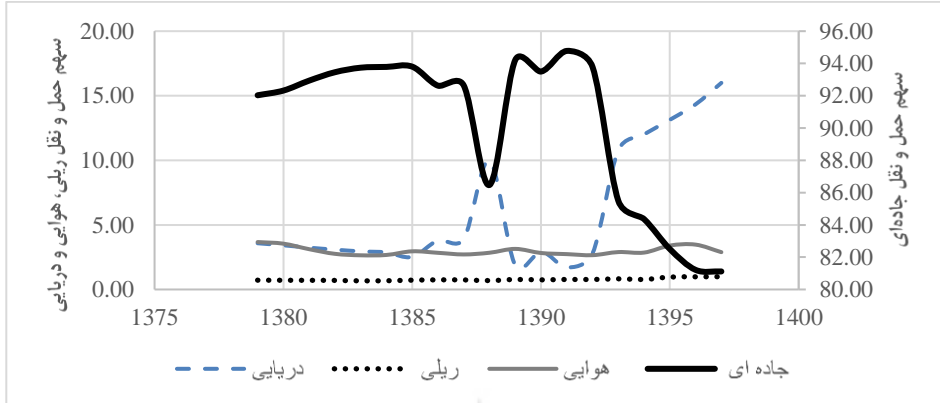


شکل ۵. سهم زیربخش‌ها از کل جابجایی کالا توسط بخش حمل و نقل کشور (به درصد)
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Figure 5. Sub-sectors share of the total goods movement by the transport sector (in percent)

Source: Research Findings

در طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ در زمینه انتشار دی‌اکسیدکربن، بخش حمل و نقل با سهم ۲۴.۵ درصدی بعد از بخش‌های نیروگاهی (با سهم ۲۸ درصد)، خانگی، تجاری و عمومی (با سهم ۲۶ درصد) در جایگاه سوم قرار داد. از نظر توزیع انتشار دی‌اکسیدکربن در بین زیربخش‌های حمل و نقل بر اساس متوسط دوره مورد بررسی حمل و نقل جاده‌ای با سهم ۸۹.۷ درصدی در جایگاه اول قرار دارد و بعد از آن به ترتیب زیربخش‌های حمل نقل دریایی (۶.۶ درصد)، حمل و نقل هوایی (۳ درصد) و حمل و نقل ریلی (۰.۸ درصد) قرار دارند. شکل ۶ وضعیت سهم زیربخش‌های حمل و نقل از کل انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش را نشان می‌دهد. در این نمودار حمل و نقل ریلی و هوایی تقریباً دارای روندی باثبات هستند اما در طی دوره مورد بررسی سهم حمل نقل دریایی از میزان انتشار از حدود ۳ درصد به ۱۶ درصد افزایش و در مقابل سهم حمل و نقل جاده‌ای از ۹۲ درصد به ۸۱ درصد کاهش یافته است.

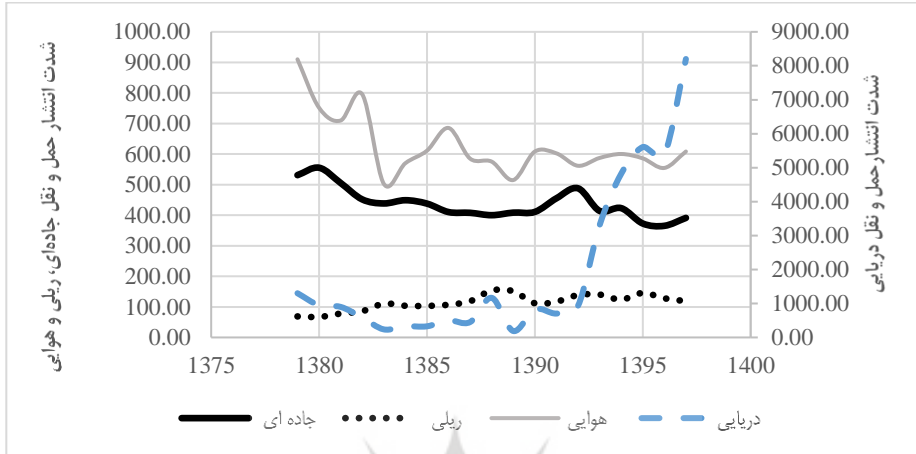


شکل ۶. سهم زیربخش‌ها از کل انتشار دی‌اکسید کربن بخش حمل و نقل کشور (به درصد)
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Figure 6. Sub-sectors share of the transport sector total CO₂ emissions (in percent)

Source: Research Findings

برای ارائه تصویری بهتر از میزان انتشار دی‌اکسید کربن در زیربخش‌های مختلف حمل و نقل شدت انتشار دی‌اکسید کربن (میزان دی‌اکسید کربن انتشار یافته به تن به ازای هر میلیارد ریال ارزش افزوده) در شکل ۷ آمده است. در طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ متوسط شدت انتشار دی‌اکسید کربن در بخش حمل و نقل کشور ۴۴۶ تن بر میلیارد ریال است و زیربخش حمل و نقل دریایی با شدت انتشار ۱۰۳۱ تن بر میلیارد ریال بدترین وضعیت را دارد در این زمینه شدت انتشار حمل و نقل هوایی، جاده‌ای و ریلی به ترتیب برابر با ۶۲۱، ۴۳۵ و ۱۱۱ تن بر میلیارد ریال است. بنابراین از نظر شدت انتشار دی‌اکسید کربن زیر بخش حمل و نقل ریلی بهترین وضعیت را دارد.



شکل ۷. شدت انتشار دی‌اکسید کربن زیربخش‌های حمل و نقل (تن به میلیارد ریال)
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Figure 7. Co2 emission intensity of transportation sub-sectors(Tons to billion Rials)

Source: Research Findings

برای مقایسه شدت نشر کربن ایران با کشورهای منطقه و هم گروه درآمدی از دو شاخص جهانی موجود در بانک جهانی به نام شدت نشر CO_2 و نشر CO_2 به صورت درصد از احتراق کل سوخت در بخش حمل و نقل^{۲۳} استفاده شد. شدت نشر CO_2 در کشورهای ایران، خاورمیانه و شمال آفریقا و کشورهای هم گروه درآمدی ایران در سال ۲۰۱۸ به ترتیب ۰٫۵۷، ۰٫۳۵ و ۰٫۳۷ کیلوگرم بر دلار است در حالی که متوسط جهانی برابر ۰٫۲۷ است که نشان می‌دهد شدت نشر کربن در ایران بیش از ۱٫۵ برابر کشورهای منطقه و هم گروه درآمدی و بیش از دو برابر متوسط جهانی است. میزان نشر CO_2 به صورت درصد از کل احتراق سوخت نیز در کشورهای ایران، خاورمیانه و شمال آفریقا و کشورهای هم گروه درآمدی ایران به ترتیب برابر با ۲۴٫۹، ۲۴٫۶ و ۱۳٫۷ و متوسط جهانی ۲۰٫۴ درصد است. مجدداً وضعیت ایران نسبت به کشورهای هم گروه درآمدی و متوسط جهانی مطلوب نیست.

²² CO2 emission (kg per 2017 ppp of GDP)

²³ CO2 emission from transport (% of total fuel combustion)

۵- تحلیل نتایج

با به‌کارگیری داده‌های ارزش افزوده زیربخش‌های بخش حمل و نقل (حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی)، GDP بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰، کل حجم مسافر (به نفر) و بار (به تن) بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ و با بهره‌گیری از مدل جداسازی پیشنهاد شده توسط تاپیو (۲۰۰۵)، جداسازی حجم ترافیک و انتشار کربن از تولید ناخالص داخلی در بخش حمل و نقل ایران انجام می‌شود. برای این منظور و جهت تحلیل دقیق‌تر و ارائه نتایج کاربردی ابتدا دوره مورد بررسی به چهار زیردوره شامل ۸۳-۱۳۷۹، ۸۸-۱۳۸۴، ۹۳-۱۳۸۹ و ۹۷-۱۳۹۴ تقسیم می‌شود به این ترتیب دو دوره پیش از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و دو دوره بعد از اجرای این قانون مورد بررسی قرار می‌گیرد که به این ترتیب نحوه تاثیرگذاری اجرای قانون مذکور نیز قابل بررسی خواهد بود. سپس چهار گام اساسی مدل جداسازی تاپیو (۲۰۰۵)، در ادوار مورد بررسی به شرح زیر اجرا می‌شود، اول، محاسبه کشش حمل و نقل مسافر و بار نسبت به تولید ناخالص داخلی بر اساس معادله (۱)، به منظور جداسازی رشد حجم حمل و نقل از رشد اقتصادی، دوم، محاسبه کشش حمل و نقل مسافر و بار نسبت به انتشار دی‌اکسیدکربن بر اساس معادله (۲)، به منظور جداسازی نشر دی‌اکسیدکربن حاصل از بخش حمل و نقل از حجم ترافیک حمل و نقل، سوم، محاسبه کشش انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به رشد اقتصادی بر اساس معادله (۳)، برای جداسازی نشر دی‌اکسیدکربن حاصل از بخش حمل و نقل از رشد اقتصادی و در نهایت، مبتنی بر نرخ رشد متغیرها و مقادیر کشش در رابطه با حالات مختلف جداسازی در ادوار مختلف تجزیه و تحلیل صورت می‌گیرد. در ادامه برای نشان دادن حمل و نقل بار، حمل و نقل مسافر، تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل و نقل به ترتیب از نمادهای TP، TG، GDP و CO₂ استفاده می‌شود. در گام اول وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل مسافر و بار از رشد اقتصادی در ادوار مختلف در **جدول ۵** و **جدول ۶** آمده است.

جدول ۵. وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل مسافر از رشد اقتصادی

ماخذ: یافته‌های پژوهش

Table 5. Decoupling of passenger transport volume growth from economic growth

Source: Research Findings

ادوار زمانی	(TPA)	(GDPΔ)	%ΔTP/%ΔGDP	وضعیت جداسازی
۸۳-۱۳۷۹	۲,۰۴	۲۹,۶۴	۰,۰۷	جداسازی ضعیف
۸۸-۱۳۸۴	۲۳,۶۸	۲۵,۷۴	۰,۹۲	پیوند رو به رشد
۹۳-۱۳۸۹	-۱۵,۱۷	۲,۲۸	-۶,۶۶	جداسازی قوی
۹۷-۱۳۹۴	-۱۰,۱۶	۱۳,۹۷	-۰,۷۳	جداسازی قوی

جدول ۵ نشان می‌دهد که در ادوار قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، در دوره اول (۸۳-۱۳۷۹) وضعیت جداسازی ضعیف بین رشد حمل و نقل مسافر و رشد اقتصادی برقرار است به این معنی که تخریب زیست‌محیطی در خلال رشد GDP افزایشی بوده است. در دوره دوم (۸۸-۱۳۸۴) وضعیت پیوند رو به رشد بین رشد حمل و نقل مسافر و رشد اقتصادی مشاهده می‌شود در عمل، رشد اقتصادی با افزایش حمل و نقل مسافر محقق شده است بنابراین رشد اقتصادی به وسیله فناوری ناکارتر با افزایش تخریب زیست‌محیطی انجام شده است. در ادوار بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها وضعیت جداسازی قوی بین رشد حمل و نقل مسافر و رشد اقتصادی مشاهده می‌شود که دلالت دارد بر اینکه حمل و نقل مسافر در طی این دوره کاهش یافته است و رخداد رشد اقتصادی توأم با کاهش حمل و نقل مسافر بوده است. بنابراین اصلاح قیمت حامل‌های انرژی به روشنی در بخش حمل و نقل مسافر تاثیرگذار بوده است به طوری که رشد اقتصادی توأم با کاهش حمل و نقل مسافر محقق شده است. از طرف دیگر می‌توان اظهار داشت که اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها منجر شده است که رشد اقتصادی به وسیله فناوری کارتر همراه با کاهش تخریب زیست‌محیطی حاصل شود که دلالت بر تاثیرگذاری اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در راستای بهبود کارایی و حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست دارد.

وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل بار از رشد اقتصادی در **جدول ۶** نشان می‌دهد که قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۸۳-۱۳۷۹) وضعیت جداسازی منفی رو به رشد و در دوره دوم (۸۸-۱۳۸۴) وضعیت پیوند رو به رشد مشاهده شده است بنابراین در عمل رشد اقتصادی با افزایش تخریب زیست‌محیطی انجام می‌شود.

بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۹۳-۱۳۸۹) وضعیت جداسازی قوی بین رشد حمل و نقل بار و رشد اقتصادی نشان از اثرگذاری اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها دارد بنابراین در طی این دوره رشد اقتصادی همراه با کاهش حمل و نقل بار و کاهش مصرف انرژی در بخش حمل و نقل محقق شده است. اما این وضعیت در دوره دوم (۹۷-۱۳۹۴) به وضعیت جداسازی منفی رو به رشد تغییر می‌یابد بنابراین رشد حمل و نقل بار از رشد اقتصادی پیشی گرفته است و تخریب محیط‌زیست با دستاورد اقتصادی کمتری محقق شده است که دلالت بر بازگشت به دوره اول قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها دارد و اجرای این قانون در دوره مذکور در بخش حمل و نقل بار دستاوردی در پی نداشته است.

جدول ۶. وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل بار از رشد اقتصادی
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Table 6. Decoupling of freight transport volume growth from economic growth

Source: Research Findings

ادوار زمانی	(TGA)	(GDPΔ)	%ΔTG/%ΔGDP	وضعیت جداسازی
۸۳-۱۳۷۹	۴۲٫۳۷	۲۹٫۶۴	۱٫۴۳	جداسازی منفی رو به رشد
۸۸-۱۳۸۴	۲۲٫۶۱	۲۵٫۷۴	۰٫۸۸	پیوند رو به رشد
۹۳-۱۳۸۹	-۷٫۰۶	۲٫۲۸	-۳٫۱۰	جداسازی قوی
۹۷-۱۳۹۴	۲۱٫۱۳	۱۳٫۹۷	۱٫۵۱	جداسازی منفی رو به رشد

از این رو بر اساس **جدول ۵** و **جدول ۶** می‌توان بیان داشت که افزایش قیمت حامل‌های انرژی در سال‌های ابتدایی هدفمندی یارانه‌ها (۹۳-۱۳۸۹) منجر به جداسازی قوی رشد حمل و نقل بار و مسافر از رشد اقتصادی شده است، به این معنی که علی‌رغم رشد اقتصادی مثبت رشد حمل و نقل منفی بوده است. اما میزان تاثیر پذیری حمل و نقل مسافر به میزان قابل توجهی بیش از حمل و نقل بار بوده است. پس از آن وضعیت جداسازی در بخش حمل و نقل بار به جداسازی منفی رو به رشد تغییر یافته در حالی که در بخش حمل و نقل مسافر همچنان جداسازی قوی برقرار است.

در ادامه بر اساس معادله (۲) وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل مسافر و بار از انتشار دی‌اکسیدکربن در ادوار مختلف بررسی شده است که نتایج حاصل در **جدول ۷** و **جدول ۸** آمده است.

جدول ۷. جداسازی رشد حجم حمل و نقل مسافر از انتشار دی‌اکسیدکربن
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Table 7. Decoupling of passenger transport volume growth from CO₂ emission

Source: Research Findings

ادوار زمانی	(TPΔ)	(CO ₂ Δ)	%ΔCO ₂ /%ΔTP	وضعیت جداسازی
۸۳-۱۳۷۹	۲,۰۴	۲۷,۲۵	۱۳,۳۴	جداسازی منفی رو به رشد
۸۸-۱۳۸۴	۲۳,۶۸	۲۷,۲۹	۱,۱۵	پیوند رو به رشد
۹۳-۱۳۸۹	-۱۵,۱۷	۱۲,۱۹	-۰,۸۰	جداسازی منفی قوی
۹۷-۱۳۹۴	-۱۰,۱۶	۳,۹۲	-۰,۳۹	جداسازی منفی قوی

بر اساس **جدول ۷**، قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۸۳-۱۳۷۹)، اگرچه تغییرات هم در حجم حمل و نقل مسافر و هم در انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت است اما انتشار دی‌اکسید کربن بسیار بیشتر از رشد حمل و نقل مسافر است به عبارت دیگر اندک جابه‌جایی مسافر با انتشار زیاد کربن رخ داده است که دلالت بر وضعیت جداسازی منفی رو به رشد دارد بنابراین انتشار دی‌اکسیدکربن از رشد حجم حمل و نقل مسافر بسیار پیشی گرفته است و اندک جابجایی مسافر با تخریب بالای زیست‌محیطی محقق شده است که علت آن ممکن است استفاده از تکنولوژی ناکارا، وسایل نقلیه فرسوده و سوخت‌های با آلاینده‌گی بالا در بخش حمل و نقل باشد. در دوره دوم (۸۸-۱۳۸۴) نیز تغییرات هم در حجم حمل و نقل مسافر و هم در انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت است اما رشد انتشار کربن همسو و همگام با رشد حجم حمل و نقل مسافر صورت گرفته است بنابراین وضعیت پیوند رو به رشد/ توسعه مطرح است. در عمل، در کنار رشد حمل و نقل مسافر، افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و تخریب زیست‌محیطی نیز رخ داده است اما نسبت به دوره قبل از وضعیت بهتری برخوردار است. در ادوار بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها وضعیت جداسازی منفی قوی بین رشد حمل و نقل مسافر و انتشار دی‌اکسیدکربن مشاهده می‌شود که دلالت بر کاهش نامتناسب حجم حمل و نقل مسافر و انتشار کربن دارد چرا که کاهش بسیار زیاد حجم حمل و نقل مسافر در کنار کاهش کمتر انتشار دی‌اکسیدکربن واقع شده است. بنابراین اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها هرچند در کاهش حمل و نقل مسافر بسیار تاثیرگذار بوده است اما به‌کارگیری تجهیزات ناکارآمد همچنان انتشار دی‌اکسیدکربن و تخریب محیط‌زیست ناشی از بخش حمل و نقل را در سطح بالایی حفظ کرده است. با این وجود

انتشار دی‌اکسید کربن در نرخ‌های بسیار کمتر از ادوار پیش از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها رخ داده است که این مهم لزوم تأکید بر سایر ابزارهای سیاستی در کنار اصلاح قیمت انرژی برای کاهش انتشار کربن را بیش از پیش آشکار می‌کند.

در مورد وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل بار از انتشار دی‌اکسید کربن نتایج حاصل در جدول ۸ نشان می‌دهد که در ادوار قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، در دوره اول (۸۳-۱۳۷۹) وضعیت جداسازی ضعیف برقرار است که نشان‌دهنده افزایش کمتر تخریب زیست‌محیطی در خلال رشد بیشتر حمل و نقل بار است از این رو شدت تخریب زیست‌محیطی حمل و نقل بار در طی زمان کاهش می‌یابد. با این حال تخریب زیست‌محیطی می‌تواند هنوز در نرخ‌های کمتر از نرخ رشد حمل و نقل بار افزایش یابد. در دوره دوم (۸۸-۱۳۸۴) وضعیت جداسازی منفی رو به رشد دلالت دارد بر اینکه رشد حمل و نقل بار همراه با تخریب زیست‌محیطی انجام می‌شود اما رشد انتشار کربن بیش از رشد حجم حمل و نقل بار است که ممکن است به علت عدم استفاده از سوخت‌های پاک و عدم توسعه ناوگان ریلی برای حمل و نقل بار باشد. بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۸۹-۱۳۸۹) وضعیت جداسازی منفی قوی بین رشد حمل و نقل بار و انتشار دی‌اکسید کربن مشاهده می‌شود که دلالت دارد بر اینکه در کنار کاهش بسیار زیاد حجم حمل و نقل بار همچنان انتشار دی‌اکسید کربن در نرخ‌های مثبت ادامه دارد البته اگرچه وضعیت انتشار کربن نسبت به ادوار قبل از اجرای این قانون به کمتر از نصف کاهش یافته است اما همچنان در نرخ‌های مثبت به روند خود ادامه می‌دهد که نشان از تاثیرگذاری چشم‌گیر قانون هدفمندی یارانه‌ها در بخش حمل و نقل بار و اندک تاثیرگذاری آن در انتشار کربن دارد. بنابراین تأکید بر این است که در کنار اصلاح قیمت حامل‌های انرژی باید سایر ابزارها از جمله تکنولوژی‌های نوین، از رده خارج کردن تجهیزات فرسوده و توسعه ناوگان ریلی برای حمل و نقل بار در نظر گرفته شوند تا اثرگذاری این قانون بیشتر نمایان شود. در دوره دوم (۹۷-۱۳۹۴) وضعیت به جداسازی ضعیف تغییر می‌کند که تا حدودی تاثیرگذاری افزایش قیمت حامل‌های انرژی و فراهم شدن زیرساخت‌های حمل و نقلی کمتر آلاینده را نشان می‌دهد که دلالت دارد بر اینکه افزایش کمتر تخریب زیست‌محیطی در خلال رشد بیشتر حمل و نقل بار رخ داده است.

جدول ۸. وضعیت جداسازی رشد حجم حمل و نقل بار از انتشار دی‌اکسیدکربن
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Table 8. Decoupling of freight transport volume growth from CO₂ emission

Source: Research Findings

ادوار زمانی	(TGA)	(CO ₂ Δ)	%ΔCO ₂ /%ΔTG	وضعیت جداسازی
۸۳-۱۳۷۹	۴۲,۳۷	۲۷,۲۵	۰,۶۴	جداسازی ضعیف
۸۸-۱۳۸۴	۲۲,۶۱	۲۷,۲۹	۱,۲۱	جداسازی منفی رو به رشد
۹۳-۱۳۸۹	-۷,۰۶	۱۲,۱۹	-۱,۷۳	جداسازی منفی قوی
۹۷-۱۳۹۴	۲۱,۱۳	۳,۹۲	۰,۱۹	جداسازی ضعیف

بنابراین بر اساس **جدول ۷** و **جدول ۸** می‌توان بیان داشت که افزایش قیمت حامل‌های انرژی در دوره ۹۳-۱۳۸۹ منجر به کاهش بسیاری در حمل و نقل مسافر و بار شده است اما رشد انتشار دی‌اکسیدکربن اگرچه نسبت به دوره پیشین کاهش یافته اما همچنان مثبت است بنابراین رشد انتشار دی‌اکسیدکربن همراه با کاهش حمل و نقل مسافر و بار رخ داده است بنابراین تأثیرگذاری اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در حمل و نقل بسیار بیشتر از انتشار آلاینده‌گی بوده است که نیاز به اجرای سیاست‌های مکمل را آشکار می‌کند. اما در دوره ۹۷-۱۳۹۴ اگرچه همچنان بخش حمل و نقل بار از اجرای این قانون تأثیر می‌پذیرد اما در بخش حمل و نقل مسافر این اثر مشاهده نمی‌شود.

تاکنون وضعیت جداسازی حجم حمل و نقل بار و مسافر از انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی بررسی شد. اما آنچه که در سیاست‌گذاری اهمیت ویژه‌ای دارد وضعیت جداسازی رشد انتشار دی‌اکسیدکربن از رشد اقتصادی است که نتایج حاصل از بررسی این مهم برای ادوار مختلف در **جدول ۹** آمده است.

جدول ۹. جداسازی رشد انتشار دی‌اکسیدکربن از رشد اقتصادی
ماخذ: یافته‌های پژوهش

Table 9. Decoupling of co2 emission growth from economic growth
Source: Research Findings

ادوار زمانی	(CO2Δ)	(GDPΔ)	%ΔCO2/%ΔGDP	وضعیت جداسازی
۸۳-۱۳۷۹	۲۷,۲۵	۲۹,۶۴	۰,۹۲	پیوند رو به رشد
۸۸-۱۳۸۴	۲۷,۲۹	۲۵,۷۴	۱,۰۶	پیوند رو به رشد
۹۳-۱۳۸۹	۱۲,۱۹	۲,۲۸	۵,۳۵	جداسازی منفی رو به رشد
۹۷-۱۳۹۴	۳,۹۲	۱۳,۹۷	۰,۲۸	جداسازی ضعیف

مطابق **جدول ۹**، قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۸۳-۱۳۷۹) و دوم (۸۸-۱۳۸۴)، وضعیت پیوند رو به رشد/ توسعه مطرح است بنابراین تغییرات هم در GDP و هم در انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت و همسو است و در عمل، رشد اقتصادی همراه با تخریب زیست‌محیطی انجام می‌شود. بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۹۳-۱۳۸۹)، وضعیت جداسازی منفی رو به رشد مطرح است که رشد انتشار دی‌اکسیدکربن بیش از رشد GDP است از این رو انتشار دی‌اکسیدکربن از رشد اقتصادی پیشی گرفته است و تخریب محیط‌زیست با اندک دستاورد اقتصادی رخ می‌دهد که به نظر می‌رسد افزایش قیمت حامل‌های انرژی به نوعی بخش تولید اقتصاد را تحت فشار قرار داده است بنابراین نیاز است دوره تعدیل طی شود تا متناسب‌سازی تجهیزات تولید با مصرف کمتر انرژی به عنوان نهاده تولید و از این رو کاهش آلاینده‌گی رخ دهد که همانطور که مشاهده می‌شود این وضعیت تا حدودی در دوره دوم محقق شده است. در دوره (۹۷-۱۳۹۴) وضعیت جداسازی ضعیف دلالت دارد بر اینکه شدت تخریب زیست‌محیطی GDP در طی زمان کاهش یافته است. با این حال تخریب زیست‌محیطی هنوز در نرخی کمتر از نرخ رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها وضعیت جداسازی رشد انتشار دی‌اکسیدکربن از رشد اقتصادی از پیوند به جداسازی تغییر یافته است اما اجرای قانون مذکور در دوره دوم بعد از اجرای آن در راستای صیانت از محیط‌زیست تاثیرگذار بوده است.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

در این مطالعه با به‌کارگیری داده‌های ارزش افزوده زیربخش‌های بخش حمل و نقل (حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی)، GDP بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰، کل حجم مسافر و بار بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن و با بهره‌گیری از مدل جداسازی پیشنهاد شده توسط تاپیو (۲۰۰۵)، جداسازی حجم ترافیک و انتشار کربن از تولید ناخالص داخلی در بخش حمل و نقل ایران طی دوره ۹۷-۱۳۷۹ بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که فقط در اولین دوره بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (۹۳-۱۳۸۹) وضعیت جداسازی قوی بین رشد حمل و نقل مسافر و بار و رشد اقتصادی مشاهده می‌شود بنابراین رشد اقتصادی به وسیله فناوری کارا تر همراه با کاهش تخریب زیست‌محیطی حاصل شده است که دلالت بر تاثیرگذاری اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در راستای بهبود کارایی و حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست دارد. علاوه بر این افزایش قیمت حامل‌های انرژی در دوره ۹۳-۱۳۸۹ منجر به وضعیت جداسازی منفی قوی بین رشد حمل و نقل مسافر و بار و انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. اما در دوره ۹۷-۱۳۹۴ اگر چه بخش حمل و نقل بار از اجرای این قانون تاثیر می‌پذیرد اما در بخش حمل و نقل مسافر این اثر مشاهده نمی‌شود. از طرفی، در ادوار قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (۸۸-۱۳۷۹) وضعیت پیوند رو به رشد بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی مشاهده شد بنابراین در عمل، رشد اقتصادی با افزایش تخریب زیست‌محیطی انجام شده است. اما بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در دوره اول (۹۳-۱۳۸۹) وضعیت جداسازی منفی رو به رشد ظاهر شد که نشان می‌دهد تخریب محیط‌زیست با اندک دستاورد اقتصادی رخ داده است و در دوره دوم (۹۷-۱۳۹۴) جداسازی ضعیف در رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی رخ داد که دلالت دارد بر اینکه شدت تخریب زیست‌محیطی GDP در طی زمان کاهش یافته است. با این حال تخریب زیست‌محیطی هنوز در نرخ کمتر از نرخ رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. بنابراین اجرای قانون مذکور در دوره دوم بعد از اجرای آن (۹۷-۱۳۹۴) در راستای صیانت از محیط‌زیست تاثیرگذار بوده است و نقش مهمی در توسعه جداسازی دارد.

اقتصاد ایران در بخش‌های مختلف از جمله بخش حمل و نقل از مشکل عدم کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی رنج می‌برد. این مسئله می‌تواند ناشی از عوامل متعدد از جمله

سهم زیاد دولت در اقتصاد، کنترل‌های دولتی در بخش‌های مختلف اقتصادی، انحراف قیمت‌های نسبی داخلی از قیمت‌های نسبی جهانی، نظام حمایتی بی‌هدف، تکنولوژی‌های فرسوده، فساد و رانت گسترده اقتصادی و غیرقابلی بودن محصولات تولیدی باشد (Yavari, Khodabakhsh & Najarzadeh, 2021). بنابراین، برای بازیابی کیفیت محیط‌زیست و بهبود آن، یک سرمایه‌گذاری مناسب نیاز می‌باشد تا ذخیره سرمایه کافی در اقتصاد ایجاد گردد (Ahmadian, Abdoli, Jabalameli, Shabankhah & Khorasani, 2019). از این رو بر اساس یافته‌های تجربی این مطالعه، پیشنهادها زیر برای تعریف استراتژی‌های کاهش کربن مناسب با بخش حمل و نقل توصیه می‌شود. اول، قیمت انرژی بخش حمل و نقل اصلاح شود. اصلاح قیمت انرژی از طریق تعدیل قیمت و مالیات منجر به کاهش مصرف انرژی با محتوای کربن بالا خواهد شد. همانطور که در این مقاله مشاهده شد اصلاح قیمت حامل‌های انرژی به کاهش انتشار کربن در نیمی از دوره‌های تحت پوشش این مطالعه کمک کرده است. این یافته در مطالعات قبلی نیز تایید شده است برای مثال دل‌انگیزان، خانزادی و حیدریان (۱۳۹۴) با بررسی اثرات تغییر قیمت سوخت بر تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل جاده‌ای ایران دریافتند که با افزایش قیمت بنزین در زیر بخش حمل و نقل سواری، میزان انتشار آلاینده‌ها به طور معناداری کاهش یافته است. دوم، منع تردد خودروهای با انتشار کربن بالا در حالی که فناوری‌ها و منابع جدید انرژی متناسب با حمل و نقل مدرن ترویج شود. همچنین باید کارایی انرژی بخش حمل و نقل را از طریق پتانسیل عظیم انرژی‌های تجدیدپذیر که بسیار کم استفاده می‌شود، افزایش داد. سوم، بهبود زیرساخت‌های حمل و نقل، به ویژه حمل و نقل جاده‌ای در دستورکار قرار گیرد، زیرا اصلی‌ترین وسیله‌ای است که با استفاده از آن ساختار اقتصادی می‌تواند باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن این بخش شود. علاوه بر این، لازم است سیستم‌ها و روش‌های مختلف حمل و نقل بهینه شوند، زیرساخت‌های حمل و نقل کم‌کربن برنامه‌ریزی و توسعه یابند و فناوری‌های حمل و نقل انرژی کارا مورد توجه قرار گیرند. در آخر و شاید مهمترین نکته این است که باید سهم حمل و نقل غیرجاده‌ای (ریلی، هوایی و دریایی) به ویژه حمل و نقل ریلی در بخش حمل کالا به طور اساسی تقویت شود تا حجم بالایی از کالاها با مصرف کمتر انرژی و آلودگی کمتر جابجا شوند.

Acknowledgments: The author would like to acknowledge the valuable comments and suggestions of the reviewers, which have improved the quality of this paper.

Conflict of Interest: The author declare no conflict of interest.

Funding: The author received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Reference

- Abolhasani, A., Motaghi, S. & Saffarzadeh, S. (2019). Investigating the relationship between investment in transport infrastructure and economic growth of Iran (Application of VAR pattern). *Journal of Transportatin Engineering*, 11(1), 239-255. 20.1001.1.20086598.1398.11.1.12.2[In Persian]
- Ahmadian, M., Abdoli, G., Jabalameli, F., Shabankhah, M. & Khorasani, S.A.(2019). Extracting The Dynamic Curve of the Kuznets Environment. *Quarterly Journal of Quantitative Economics(JQE)*, 16 (2), 1-36. <https://doi.org/10.22055/jqe.2019.25839.1873>[In Persian]
- Andreoni, V. & Galmarini, S. (2012). Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions: A decomposition analysis of Italian energy consumption. *Energies*, 44, 682–691.
- Boqiang, L. & Liu, K. (2017). Using LMDI to Analyze the Decoupling of Carbon Dioxide Emissions from China's Heavy Industry. *Sustainability*, 9, 1198.
- Borghesi, S. (1999).The environmental Kuznets curve: a survey of literature. *Fondazioni Eni Enrico Mattei, Working Papers* 85.99.
- Daii Karimzadeh, S., Emadzadeh, M. & Kamkar Delakh, H. (2009). Public Investment in the Transportation Sector and Economic Growth in Iran (1970-2008). *Quarterly Journal of Economic Modelling*, 3(10), 63-82. http://eco.iaufb.ac.ir/article_555594.html#ar_info_pnl_cite[In Persian]
- De Bruyn, S.M. (2000). Economic growth and the environment. *Dordrect: Kluwer Academic Publishers*.
- De Bruyn, S.M. (2002). Dematerialization and rematerialization as two recurring phenomena of industrial ecology, in: Ayres, R.U., Ayres, L.W. (Eds.), A Handbook of Industrial Ecology. *Edward Elgar, Cheltenham*, pp. 209–222.

- De Bruyn, S.M. & Opschoor, J.B. (1997). Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. *Ecological Economics*; 20:255e68.
- De Bruyn, S.M., van den Bergh, J.C.J.M. & Opschoor, J.B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics* 25 (2), 161–175.
- Dinda, S. (2004). Environmental kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*; 49:431e55.
- Delangizan, S., Khanzadi, A. & Heidarian, M. (2015). Studying the effects of fuel price changes on greenhouse gas emissions in the road transportation sector of Iran; approach of Robust Least Squares. *Quarterly Journal of Quantitative Economics (JQE)*, 11(4), 47-77. https://jqe.scu.ac.ir/article_11873.html?lang=en [In Persian]
- Engo, J. (2019). Decoupling analysis of CO2 emissions from transport sector in Cameroon. *Sustainable Cities and Society* 51, 101732.
- Fan, F.Y. & Lei, Y.L. (2017). Responsive relationship between energy-related carbon dioxide emissions from the transportation sector and economic growth in Beijing—Based on decoupling theory. *Int. J. Sustain. Transp.*, 11, 764–775.
- Grossman, G.M. & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics*; 110:353e77.
- Hinterberger, F. & Schmidt-Bleek, F. (1999). Dematerialization, MIPS and Factor 10: physical sustainability indicators as a social device. *Ecological Economics* 29 (1), 53–56.
- International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook (2021). *IEA Publication: Paris, France*.
- International Energy Agency (IEA). CO2 Emissions from Fuel Combustion (2021). *IEA Publication: Paris, France*.
- Janicke, M. (1988). Okologische Modernisierung, Optionen und Restriktionen präventiver Umweltpolitik, in: Simonis, U.E. (Ed.), Präventive Umweltpolitik. *Campus, Frankfurt am Main*, pp. 13–26.
- Kharbach, M. & Chfadi, T. (2017). CO2 Emissions in Moroccan Road Transport sector: Divisia, Cointegration, and EKC analyses. *Sustainable Cities and Society* <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.016>.

- Loo, B.P.Y. & Banister, D. (2016). Decoupling transport from economic growth: Extending the debate to include environmental and social externalities. *J. Transp. Geogr*, 57, 134–144.
- Ma, M. & Cai, W (2019). Do commercial building sector-derived carbon emissions decouple from the economic growth in tertiary industry? A case study of four municipalities in china. *Sci. Total Environ*, 650, 822–834.
- Maddah, M., jafari, A. (2019). Factors Affecting Air Pollution Created in the Transportation Sector of Iranian Provinces. *Journal of Environmental Studies*, 45(1), 77-86. 10.22059/JES.2019.263277.1007714[In Persian]
- Magnani, E. (2001).The environmental Kuznets curve: development path or policy result?. *Environmental Modelling & Software*; 16:157e65.
- Muradov, N. (2013). Decarbonization at crossroads: The cessation of the positive historical trend or a temporary detour?. *Energy Environ. Sci.*, 6, 1060–1073.
- Naqvi, A. & Zwickl, K. (2017). Fifty shades of green: Revisiting decoupling by economic sectors and air pollutants. *Ecol. Indic.*, 133, 111–126.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2000). Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. *OECD: Paris, France*.
- Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) (2001). Decoupling: A Conceptual Overview. *OECD Pap*, 5, 1–31.
- Pahlavani, M., Mehrabi Boshrahadi, H., Afshar pour, M. (2014). The Study of Transportation Infrastructures Development's Effect on Economic Growth in Iran's Provinces .The Journal of Economic Modeling Research (JEMR), 4(16), 99-127. 20.1001.1.22286454.1393.4.16.7.6[In Persian]
- Panayotou, T. (1993). Empirical Test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. *World Employment Research Programme, Working Paper. Geneva: International Labour Office*.
- Riti, J.S., Song, D.Y., Shu, Y. & Kamah, M. (2017). Decoupling CO2 emission and economic growth in China: Is there consistency in estimation results in analyzing environmental Kuznets curve?. *J. Clean. Prod.*, 166, 1448–1461.
- Rothman, D.S. & De Bruyn S.(1998). Probing into the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*; 25:143e5.

- Sajadi, M., Taghvaei, M. (2016). Evaluation and Analysis of Sustainable Urban Transport Indicators. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*, 4(1), 1-18. 20.1001.1.25886274.1395.4.1.1.8[In Persian]
- Schmidt-Bleek, F. (2000) *Luonnon uusi laskuoppi*, Gaudeamus, Helsinki. [Finnish translation of two books: *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS—das Mass fu'r o'kologisches Wirtschaften* (orig. 1994) and *Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch—mehr Lebensqualita't durch Faktor 10* (orig. 1998).
- Sharify, N. (2012). Transport Position and Its Effect on the Other Economic Sectors in Iran: An Input-Output Analysis. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, 2(5), 207- 238. 20.1001.1.22285954.1390.2.5.7.6[In Persian]
- Talbi, B (2017). CO2 emissions reduction in road transport sector in Tunisia. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 69: 232 -238.
- Tapio, P. (2002a). The Limits to Traffic Volume Growth, The Content and Procedure of Administrative Futures Studies on Finnish Transport CO2 Policy, *Acta Futura Fennica* 8, Finnish Society for Futures Studies & Finland Futures Research Centre, Turku, Doctorate thesis. *Summary* (148 p.) available at <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/limno/vk/tapio>.
- Tapio, P. (2005). Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001, *Transport Policy* 12 . 137–151
- Vehmas, J., Malaska, P., Luukkanen, J., Kaivo-oja, J., Hietanen, O., Vinnari, M. & Ilvonen, J (2003). Europe in the Global Battle of Sustainability: Rebound Strikes Back?. *Advanced Sustainability Analysis; Series Discussion and Working Papers; Turku School of Economics and Business Administration: Turku, Finland*.
- Wang, Q., Hang, Y., Zhou, P. & Wang, Y (2016). Decoupling and attribution analysis of industrial carbon emissions in Taiwan. *Energy*, 113, 728–738.
- Wang, Y., Zhou, Y., Zhu, L., Zhang, F. & Zhang, Y.C (2018). Influencing factors and decoupling elasticity of China's transportation carbon emissions. *Energies*, 11, 1157.

- Wu, Y., Zhu, Q.W. & Zhu, B.Z (2018). Comparisons of decoupling trends of global economic growth and energy consumption between developed and developing countries. *Energy Policy*, 116, 30–38.
- Xu, S., He, Z., Long, R., Chen, H. & Zhang, W. (2016). Comparative analysis of the regional contributions to carbon emissions in China. *J. Clean. Prod.*, 127, 406–417.
- Yandle, B., Vijayaraghavan, M. & Bhattarai, M. (2002). The environmental Kuznets curve: a primer. *PERC research study 1e02*. Available from: <http://www.perc.org/pdf/rs02_1.pdf>.
- Yang, H. & Ma, X. (2019). Uncovering CO2 Emissions Patterns from China-Oriented International Maritime Transport: Decomposition and Decoupling Analysis. *Sustainability*, 11, 2826; doi:10.3390/su11102826.
- Yavari, K., Khodabakhsh, M. & Najarzadeh, R. (2021). Estimation of Resource Allocation Inefficiency in the Iranian Manufacturing Sector. *Quarterly Journal of Quantitative Economics (JQE)*, 18(4), 71-84. 10.22055/JQE.2021.27519.1964 [In Persian]
- Zhang, k., Liu, X. & Yao, J. (2019). Identifying the driving forces of CO2 emissions of China's transport sector from temporal and spatial decomposition perspectives. *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05076-3>.
- Zhang, Z.L., Xue, B., Pang, J.X. & Chen, X.P (2018). The decoupling of resource consumption and environmental impact from economic growth in China: Spatial pattern and temporal trend. *Sustainability*, 8, 2-22.
- Zhao, X., Zhang, X., Li, N., Shao, S. & Geng, Y (2017). Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions in China: A sectoral factor decomposition analysis. *J. Clean. Prod.*, 142, 3500–3516.
- Zheng, J., Hu, Y., Dong, S. & Li, Y (2019). The Spatiotemporal Pattern of Decoupling Transport CO2 Emissions from Economic Growth across 30 Provinces in China. *Sustainability* 2019, 11, 2564; doi:10.3390/su11092564.