فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی
سال بیست و سوم، شماره ۷۴، تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۵۰-۱۱۷

تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار ترکیبات کربن (دی اکسیدکربن و منوکسیدکربن) در بخش‌های حمل و نقل و زیربخش‌های آن در ایران طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۸

علی اکبر ناجی میدانی
استادیار دانشگاه فردوسی مشهد
naji@um.ac.ir
آزاده داودی
دانشجوی دکترای علوم اقتصادی پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)
az.davodi@gmail.com

چکیده

هدف از این مقاله، تحلیل عوامل مؤثر بر انتشار ترکیبات کربن (دی اکسیدکربن و منوکسید کربن)، حاصل از مصرف انرژی در بخش حمل و نقل و زیربخش‌های آن (جاده‌ای، ریلی و هوایی) است. برای بررسی این امر، عوامل تأثیرگذار بر شاخص انتشار ترکیبات کربن، شامل رشد اقتصادی، رشد جمعیت، تغییرات ساختاری، ضریب انتشار، شدت انرژی، ترکیب سوختی، شیوه حمل و نقل و قیمت، از طریق روش تحلیل تجزیه‌ای شاخص (IDA) برای سال‌های ۹۰-۱۳۷۸ش، در نظر گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در کل بخش حمل و نقل مقیاس و رشد اقتصادی بیشترین تأثیر را بر افزایش انتشار ترکیبات کربن داشته است. اثر شدت انتشار و ترکیب سوختی در طی این سال‌ها متفاوت بوده و تغییرات شیوه حمل و نقل تأثیر چندانی نداشته است. بررسی اثرات قیمتی نشان می‌دهد که ارزان بودن سوخت باعث افزایش انتشار ترکیبات کربن شده است. در مقابل، شدت انرژی و تا حدی تغییر ساختار در بخش حمل و نقل تا حدی اثر کاهنده‌ای بر میزان انتشار داشته است. در بخش حمل و نقل جاده‌ای نیز وضعیت به همین منوال بوده است، در این بخش ترکیبات سوختی و شدت انتشار بیشترین اثر بر کاهش انتشار منوکسید کربن داشته است. در بخش حمل و نقل ریلی و هوایی مقیاس مهم‌ترین اثر را درافزایش انتشار ترکیبات کربن دارد. این موارد نشان می‌دهد استفاده از ترکیب سوخت‌های پاک، توسعه ناوگان حمل و نقل عمومی و ریلی، توسعه زیربنایی در تمامی بخش‌های حمل و نقل می‌تواند در کاهش انتشار ترکیبات کربن نقش داشته باشد.

طبقه‌بندی JEL: *Q53,Q51, Q56,Q44.*
واژه‌های کلیدی: *شاخص تکنیک تحلیل تجزیه‌ای، انتشار ترکیبات کربن، حمل و نقل، مصرف انرژی.*

* **تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۴**

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

۱. مقدمه

امروزه انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید جایگاه ویژه‌ای در دستیابی به رشد اقتصادی در هر کشور دارد. از سوی دیگر، با توجه به محدودیت منابع انرژی در جهان، ضرورت استفاده بهینه از منابع انرژی در فرایند توسعه اقتصادی مطرح می‌شود، بنابراین، بهسازی و بهبود روش‌های بهره‌برداری، مصرف و میزان اثربخشی انرژی در رئوس مفاهیم توسعه اقتصادی قرار گرفته است. علاوه بر این، استفاده از سوخت‌های فسیلی در تولید و حمل ونقل که پس از انقلاب صنعتی رواج یافته، منجر به افزایش آزادشدن گازهای ترکیبات کربنی اتمسفر و انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی شده است که این امر نگرانی‌هایی درخصوص تغییر اقلیم، ناشی از انتشار بیش از حد گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر ایجاد کرده است. تحقیقات IPCC[1] نشان می‌دهد که چنانچه هیچ کوششی به منظور کاهش انتشار صورت نگیرد، دمای کره زمین تا پایان قرن به بیش از دو درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد. از آنجا که تغییر اقلیم یک مشکل جهانی است و اثر متقابل فراینده‌ای بر اقلیم، زیست محیط، اقتصاد، اجتماع و فناوری ایجاد می‌کند، اثرات آن در طولانی‌مدت آشکار می‌شود و فعالیت‌های کنونی بشر و توسعه پایدار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو، اقتصاد سبز، امروزه به عنوان یکی از مفاهیم مهم در ادبیات توسعه گنجانده شده است. بر این مبنا، توسعه و پیشرفت اقتصادی سازگار با محیط زیست و تولید اقتصادی مبتنی بر انتشار کمتر کربن و توسعه اجتماعی فراگیر مدنظر است. بنابرین، می‌توان بیان داشت که مصرف انرژی جهان را با دو بحران بزرگ آلودگی محیط زیست در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی و شتاب در جهت به پایان بردن این منابع روبه‌روکرده است. در حال حاضر، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده‌های اتمسفر، هدف مهم سیاست‌های انرژی و زیست محیطی در جهان است.

در این بین بیش از ۸۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید، حمل و نقل و مصرف انواع حامل‌های انرژی ایجاد می‌شود که برخلاف گذشته، روند انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، سرعت بیشتری گرفته است. کشور ایران نیز به استناد آمار ارائه شده از سوی آژانس بین‌المللی انرژی، از این منظر در وضعیت مطلوبی به سر نمی‌برد و در بین ۱۰ کشور بیشترین آمار را در انتشار کربن دارد. (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۳)

1. Intergovernmental panel on climate change.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

در چرخه اقتصاد هر کشور از جمله ایران حمل و نقل از جمله بخش‌هایی است که تمامی ارکان اقتصادی از تولید تا توزیع در بازار مصرف نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به همین علت فعالیت و کارایی این بخش بیشترین تأثیر را نسبت به سایر بخش‌ها در اقتصاد برجای می‌گذارد. این بخش، حلقه اتصال بخش‌های مختلف اقتصاد کشور است و علاوه بر آنکه یکی از بخش‌های مهم و زیربنایی است، بر فعالیت‌های دیگر اقتصاد نیز تأثیر دارد و امکان بهره‌برداری مناسب‌تر از منابع و استعدادهای اقتصادی را فراهم می‌آورد (رزمی و آذری، ۱۳۸۶). از سوی دیگر، مطابق مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی، بخش حمل و نقل تا سال ۲۰۲۰م، بیشترین مصرف انرژی را نسبت به سایر بخش‌ها خواهد داشت و مسبب اصلی آلودگی هوا و آلودگی صوتی خواهد بود.

در ایران، در سال ۱۳۹۰ بخش حمل و نقل در حدود ۲۵ درصد کل انرژی کشور را مصرف کرده که پس از بخش خانگی و تجاری دومین بخش پر مصرف انرژی کشور است. همچنین، این بخش ۴۸/۲۰ درصد مصرف فرآورده‌های نفتی کشور، معادل ۲۹۷/۳۷ میلیون بشکه نفت خام را به خود اختصاص داده است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۰). همچنین، این بخش بیشترین سهم از انتشار انواع گازهای آلاینده را در بین بخش‌های مختلف دارد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۰، حدود ۹۷/۱ درصد از انتشار منوکسیدکربن و ۲۳/۱ درصد از دی اکسید کربن از این بخش متصاعد شده است. بخش حمل و نقل در سال ۱۳۹۰، معادل ۱۲۶/۴ میلیون تن دی‌اکسیدکربن و ۷/۸ میلیون تن منوکسیدکربن منتشر کرده است که به ترتیب نسبت به سال ۱۳۸۰، برابر ۵۰/۲۹ درصد و ۳۰/۹ درصد رشد را نشان می‌دهد (سازمان بهینه‌سازی سوخت، ۱۳۹۰).

بنابراین، در هر کوششی در جهت مقابله با تغییرات اقلیمی، به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی توجه ویژه به ترکیبات کربن بخش حمل و نقل ضروری است. از این‌رو، بررسی عوامل مؤثر بر انتشار ترکیبات کربن در این بخش از اهمیت بالایی برخوردار است. برای دستیابی به این هدف، مطابق بر منابع موجود در این حوزه، رشد انتشار ترکیبات کربن به عوامل مستقیم (ترکیب سوختی، روش حمل و نقل، تغییرات شدت انرژی (کارایی انرژی) و قیمت) و غیرمستقیم (رشد جمعیت و رشد اقتصادی) تجزیه می‌شود. بررسی این عوامل دیدگاه مناسبی از دلایل رشد انتشار ترکیبات کربن بخش حمل و نقل ایجاد می‌نماید. بدین منظور در بخش اول به بررسی ادبیات موضوع پرداخته شده و در بخش دوم مبانی نظری و در بخش سوم پیشینه تحقیق و در بخش چهارم روش تجزیه‌ای مورد استفاده در مقاله برای محاسبه اثرات عوامل مختلف بر انتشار ترکیبات کربن بخش مختلف حمل و نقل از جمله

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

ریلی، هوایی و جاده‌ای توصیف شده و در پایان، عوامل اثرگذار بر روند انتشار این بخش‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نیز در بخش ششم آمده است.

۲. مبانی نظری

سابقه کاربرد روش‌های تحلیل تجزیه انرژی و زیست محیطی به پس از بحران نفتی ۷۳-۱۹۷۴ باز می‌گردد. مطالعات اولیه بیشتر به حوزه مصرف انرژی بخش صنعت معطوف بوده است که برای تجزیه اثرات تغییر در شدت انرژی از چند روش ساده مانند روشی برای ارتباط بین تجزیه انرژی و شاخص عددی استفاده شده است (بوند، هانسون و استرنر ۱۹۹۸). در ادامه این روند، مطالعات اخیر به تجزیه تحلیل اقتصادی بخش‌ها و زیربخش‌ها تأکید داشته است. در دهه ۱۹۹۰، به علت اهمیت تغییرات آب و هوایی، تحلیل‌های تجزیه‌ای به انتشار گاز گلخانه‌ای مرتبط با انرژی معطوف شد و این روش در تحلیل‌های مرتبط با مصرف انرژی و انتشار دی اکسیدکربن به طور گسترده در سطوح مختلف- بین کشوری، در سطح کشوری، بین بخش و زیربخش‌های اقتصادی و در صنایع خاص- به‌کار گرفته شد (پائول و همکاران، ۲۰۰۴؛ ونگ، چن و زو، ۲۰۰۵؛ تانک و همکاران، ۲۰۰۵؛ دیاکولاکی و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین امروزه تحلیل تجزیه‌ای ابزاری مفید و متداول در تحلیل تقاضای انرژی و زیست محیطی است.

به‌طور کلی، روش تحلیل تجزیه‌ای در مطالعاتی که قصد بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات یک شاخص را در طول زمان دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های تجزیه تحلیل شاخص (IDA[1]) و تجزیه تحلیل ساختاری (SDI[2]) از روش‌های پرکاربرد تحلیل تجزیه‌ای هستند که به طور مستقل توسعه یافته‌اند و در حوزه انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاربرد زیادی دارند. در بررسی و مطالعه مقایسه‌ای بین این دو روش به نتایج ذیل دست می‌یابیم:

- از بین روش‌های تحلیل تجزیه‌ای IDA به دلیل به‌کارگیری سری‌های زمانی، کاربرد بیشتری دارد و سادگی آن اجازه می‌دهد تا انعطاف‌پذیری شایان توجهی در فرموله کردن مسائل داشته باشد و از آنجایی که جداول داده - ستانده سالانه در دسترس نیستند روش SDA کاربرد کمتری دارد ولی در صورت به‌کارگیری، با توجه به گستردگی اطلاعات جداول قابلیت تعمیم نتایج به کل اقتصاد را دارد.

1. Index Decomposition Analysis
2. Structural Decomposition Analysis

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

- روش IDA بیشتر مورد استفاده محققانی است که قصد دارند درک بهتری از عوامل مؤثر بر مصرف انرژی یا میزان انتشار ناشی از مصرف انرژی در بخش‌های مصرف‌کننده انرژی از جمله بخش حمل و نقل و صنعت داشته باشند.
- روش SDI نیز در درجه اول مورد استفاده محققانی است که با جداول داده ستانده آشنایی دارند و قصد گسترش جدول و بررسی تغییرات مصرف انرژی و یا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در کل اقتصاد دارند.

شباهت‌ها و تفاوت‌های زیادی از نظر حوزه مطالعه، تدوین روش، داده‌های مورد استفاده و نتایج بینابن دو روش وجود دارد. هوئکسترا و وندنبرگ[1] (۲۰۰۳) اولین و تنها مطالعه جامع را در حوزه مقایسه بین روش‌های SDA و IDA انجام داده‌اند.

از آنجایی که روش SDA متکی بر چارچوب جدول داده ستانده می‌تواند اثرات غیرمستقیم را نیز بررسی کند ولی روش IDA تنها قادر به محاسبه اثرات مستقیم است. روش IDA دارای دو شاخص (مطلق و شدت) و دو روش تجزیه‌ای (جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر) است ولی در مورد روش SDA اینگونه نیست و تنها شاخص مطلق و روش جمع‌پذیر قابل محاسبه است[2]. این تقسیم‌بندی را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

۱. تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)

۲. تحلیل تجزیه‌ای شاخص (IDA)

۲-۱. روش IDA بر پایه شاخص لاسپیرز[3]

۲-۲. روش IDA بر پایه شاخص دیویژیا[4]

۲-۲-۱. AMDI[5]

۲-۲-۲. LMDI[6]

اگر عدد صفر در بین داده نباشد استفاده از روش دیویژیا ارجحیت دارد. رویکرد تجزیهٔ لاسپیرز همواره دارای پسماند است که می‌تواند مقدار قابل توجهی داشته باشد و با توجه به همین پسماندها نتایجی را ارائه می‌دهد که در روش‌های اصلاح شده آن این مشکل نیز مرتفع شده است. هر دو روش AMDI و

1. Hoekstra and Vanden bergh
2. Su, B.W. Ang
3. Laspeyers IDA
4. Divisia IDA
5. Arithmatic Mean Divisia Index
6. Logarithmtic Mean Divisia Index

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

LMDI بر مبنای نظری شاخص دیویژیا ابداع شده است. با توجه به موارد فوق الذکر، آنگ (۲۰۰۴) در مقایسه بین روش‌های مختلف تجزیه، روش LMDI را بهترین روش تجزیه کامل معرفی می‌کند. بنابراین، استفاده از روش LMDI در مطالعه مبتنی بر نتایج قابل استناد علمی و مزیت‌های روش‌شناختی است.

در موارد فوق، روش‌های کلی تحلیل تجزیه‌ای بیان شده است. یکی از بخش‌های مهم در این زمینه بررسی تحلیل تجزیه‌ای در بخش حمل و نقل است که در این زمینه عوامل مستقیم (ترکیب سوختی، روش حمل و نقل، تغییرات شدت انرژی و قیمت سوخت) و غیرمستقیم (رشد جمعیت و رشد اقتصادی) به صورت مشتق‌های جداگانه در تجریه می‌تواند مؤثر باشد. تعاریف و مفاهیم پایه مورد استفاده در تحلیل تجزیه‌ای، به شرح ذیل است:

- *اثر شدت انرژی*: نشان‌دهنده میزان مصرف انرژی برای تولید مقدار معینی از کالا و خدمات (ارزش افزوده) و شاخص وابستگی تولید به نهادهای انرژی است. مصرف انرژی اساساً با متغیرهایی از قبیل کارایی سیستم‌های انرژی، کیفیت و کارکرد ناوگان حمل و نقل کشور، وضعیت زیرساخت‌های جاده‌ای در کشور، فناوری‌های به کارگیری انرژی، قیمت‌های انرژی، سرمایه‌گذاری برای ذخیره و حفاظت از انرژی که مشتقی از اثر شدت انرژی می‌باشد، ارتباط دارد.
- *اثر شدت انتشار دی اکسیدکربن*: شاخصی است که نرخ انتشار دی‌اکسید کربن به ازای مصرف هر واحد انرژی را مشخص می‌کند که برای ارزیابی کیفیت سوخت‌ها، جانشینی سوخت‌ها و به‌کارگیری فناوری کاهش آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- *اثر ساختار*: ارزش افزوده هر بخش را در ارتباط با تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد که منظور از آن میزان مشارکت آن بخش در اقتصاد است و تغییرات در این بخش به علت تغییرات ساختاری ایجاد شده در اقتصاد روی می‌دهد.
- *اثر مقیاس*: این اثر با تولید ناخالص داخلی به نسبت جمعیت بیان می‌شود و نشان‌دهنده آن است که هرچه از یک بخش به لحاظ کمی بیشتر استفاده شود.

درخصوص تحلیل تجزیه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل مطالعاتی انجام شده است که می‌توان به مواردی مانند تیمیلسینا و شرستا[1] (۲۰۰۹)، کویبورگ و فوسجرو[2] (۲۰۰۷)، لو، لین و لوییس[3] (۲۰۰۷)، وو، کانکو و ماتسوکا[4] (۲۰۰۵)، شیپر، ماری-لیلو و گورهام[5] (۲۰۰۰)، شیپر، شول و

1. Timilsina and Shrestha
2. Kveiborg and Fosgerau
3. Lu, Lin and Lewis
4. Wu, Kaneko and Matsuoka
5. Schipper, Marie-Lilliu and Gorham

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

پرایس[1] (۱۹۹۷) و جز اینها اشاره کرد که در این بررسی‌ها براساس مبانی نظری شاخص‌های تحلیل تجزیه‌ای به بررسی تجزیه انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل پرداخته شده است. در قسمت تعریف مدل، معادلات ریاضی روش با تأکید بر مشتقات بخش حمل و نقل توضیح داده شده است.

۳. پیشینه تحقیق

با توجه به مطالب بیان شده و سابقه ادبیات موجود در حوزه روش تحلیل تجزیه‌ای در انرژی و محیط زیست، ابتدا برخی از مطالعات انجام شده در حوزه تحلیل تجزیه‌ای انتشار کربن در کشورهای مختلف و پس از آن برخی مطالعات انجام شده در حوزه حمل و نقل آورده شده و سپس مطالعات انجام شده در ایران بیان گردیده است:

روباینا آلوس و موتینهو (۲۰۱۳)، در مقاله خود با عنوان "تجزیه و تحلیل شدت انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی پرتغال در دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۹۹۶"، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل کامل، شدت انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را در ۱۶ بخش صنعتی مورد بررسی قرار داده و علاوه بر آن خطای تجزیه واریانس و عوامل مؤثری را نیز پیش‌بینی کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که شدت انتشار دی‌اکسیدکربن در دوره مورد نظر به دلیل استفاده از فناوری‌های کارآمدتر و پاک‌تر و نیز گرایش به سمت استفاده از سوخت‌های پاک‌تر کاهش شایان توجهی داشته است. یک رابطه علیت دو طرفه بین شدت انتشار دی‌اکسیدکربن و سهم سوخت‌های فسیلی درکل مصرف انرژی وجود دارد. شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای به تغییرات میزان مصرف سوخت‌های فسیلی در مجموع مصرف انرژی نسبت به سایر متغیرها واکنش سریع‌تر و قابل توجهی نشان می‌دهد.

شهیدزمان و خورشید عالم (۲۰۱۲)، در مقاله خود با عنوان "تغییرات بهره‌وری انرژی در استرالیا: تحلیل تجزیه‌ای شدت انرژی کل با استفاده از روش دیویژیا"، برآورد تجربی از بهره‌وری انرژی و سایر عوامل تقریبی توضیح‌دهنده شدت انرژی در استرالیا را برای دوره ۲۰۰۹-۱۹۷۸ ارائه می‌کنند. تجزیه و تحلیل‌ها براساس تجزیه تغییرات شدت انرژی با استفاده از شاخص‌های بهره‌وری انرژی، ترکیب سوخت و تغییرات ساختاری هر دو در سطوح بخشی و زیربخشی از اقتصاد است. نتایج نشان می‌دهد که کارایی (شدت انرژی) و ساختاربخشی نیروهای محرکه کاهش شدت انرژی در استرالیاست.

ژانگ و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از تحلیل تجزیه‌ای به بررسی انتشار دی اکسیدکربن در چین، در سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۱م، براساس چهار عامل کلی پرداخته‌اند که نتایج نشان می‌دهد فعالیت‌های اقتصادی بیشترین اثر مثبت را بر انتشار کربن در بخش‌های مختلف و کل اقتصاد چین دارد. اثر ضریب

1. Schipper, Scholl and Price

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

انتشار برای تمام بخش‌های چین مثبت بوده و تغییرات ساختاری در بخش کشاورزی اثر مثبتی بر کاهش انتشار داشته است.

تانک و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از رویکرد تجزیه‌ای انتشار دی‌اکسیدکربن برای سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات را در قالب چهار گروه سوخت‌های جامد، مواد نفتی، گاز و الکتریسته برای سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۷۰م بررسی کرده‌اند که نشان می‌دهد تغییرات ساختاری و ضریب انتشار مهم‌ترین اثر تغییرات انتشار کربن در ترکیه است.

هاتزیجورجیور و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از دو روش تجزیه‌ای به بررسی اثر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور یونان برای سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۰م براساس چهار عامل درآمد، شدت انرژی، اثر سهم سوخت و اثر آلودگی پرداخته‌اند. بزرگ‌ترین عامل افزایش انتشار درآمد و در مقابل اثر شدت انرژی مهم‌ترین عامل کاهش در انتشار دی اکسیدکربن بوده است.

لیزه (۲۰۰۶)، در مطالعه خود با عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن کشور ترکیه"، انتشار دی‌اکسیدکربن را طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۳م، با استفاده از روش تحلیل تجزیه‌ای در کشور ترکیه بررسی و با روش تحلیل تجزیه‌ای کامل، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را به اثرات مقیاس، ساختار، شدت انرژی و شدت انتشار را تجزیه و عوامل مؤثر بر میزان انتشار آن را شناسایی کرده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که رشد بی‌سابقه اقتصاد (اثر ساختاری) اصلی‌ترین عامل است و اگرچه به تبع آن میزان شدت انتشار و میزان مصرف تغییر خواهد کرد ولی این عوامل تأثیرگذاری کمتری دارند.

پائول و باتاچارتا (۲۰۰۴)، عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در قالب چهار عامل (ضریب آلودگی، شدت انرژی، تغییرات ساختاری و فعالیت‌های اقتصادی) در کشور هند بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد رشد اقتصادی بزرگ‌ترین عامل انتشار در تمام بخش‌هاست. در بخش حمل و نقل کارآیی انرژی افزایش یافته و انتشار کربن روند کاهشی داشته است. اثر ضریب آلودگی و شدت انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی افزایش یافته و شدت انرژی در گستره عظیمی تغییر کرده و اثر بزرگ‌تری بر انتشار دی‌اکسیدکربن مرتبط با انرژی نسبت به اثر ضریب آلودگی داشته است.

علاوه بر مطالعات انجام شده با استفاده از روش تحلیل تجزیه‌ای در زمینه انتشار دی‌اکسیدکربن، برخی از مطالعات بر بخش حمل و نقل تمرکز داشته‌اند. در ذیل به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود:

هانکی و همکاران (۲۰۱۳)، در مقاله‌ای با عنوان "بررسی حمل و نقل جاده‌ای و سیاست‌های آن در چین" انتشار کربن را در سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۸۵م بررسی کرده‌اند. در این برآورد تأثیرگذاری ضریب انتشار، سهم حمل و نقل جاده‌ای، موجودی خودروها، تمرکز بازار، طول حمل و نقل جاده‌ای، سطح

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

صنعتی شدن و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی مهم‌ترین عامل رشد انتشار است. در این بین طول حمل و نقل و تمرکز بازار باعث کاهش انتشاری دی‌اکسیدکربن شده است.

جیانگ و همکاران (۲۰۱۱) در مقالهٔ "تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار دی‌اکسیدکربن اتومبیل‌های مسافربری ژاپن در بخش حمل و نقل"، با استفاده از روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا، انتشار دی‌اکسیدکربن خودروهای سواری ژاپن را بررسی کرده‌اند. اثرات منجر به تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در افزایش تعداد خودروها و جمعیت مؤثراند. براساس نتایج این تجزیه و تحلیل، استراتژهایی مانند محدود کردن استفاده از اتومبیل شخصی و ترویج حمل و نقل عمومی، به عنوان راه‌حل، ارائه شده است.

تیمیلسینا و شرِستا (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای عوامل رشد دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل را در ۱۲ کشور آسیایی، برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۰م، بررسی نموده و نتایج دال بر آن بوده است که تغییرات در تولید ناخالص سرانه، رشد جمعیت و شدت انرژی‌بخش حمل و نقل مهم‌ترین عامل انتشار کربن در بخش حمل و نقل بوده و در کشورهای پرجمعیتی مثل چین، هند و سریلانکا درآمد و جمعیت تأثیرات بیشتری داشته است. در تحقیق دیگری نیز تغییرات بخش حمل و نقل برای ۲۰ کشور آمریکای لاتین در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۸۰ محاسبه شده است که نشان می‌دهد رشد اقتصادی و تغییر در رشد انرژی، در بخش حمل و نقل، عامل اصلی رشد انتشار دی اکسیدکربن بوده است. در این بین اثر رشد اقتصادی در کشورهایی مانند آرژانتین، برزیل و اروگوئه که در چند سال اخیر رشد فزاینده داشته‌اند، دارای بیشترین حدّ بوده است.

پاپاگیانی و دیاکولاکی (۲۰۰۹)، به بررسی اثرات انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل جاده‌ای در کشورهای دانمارک و یونان برای سال‌های (۲۰۰۵-۱۹۹۰م) پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد تملک وسایل نقلیه مؤثرترین عامل انتشار در یونان بوده به طوری که رشد ۵/۶ درصد داشته است. در حالی که در دانمارک این رشد محدود بوده و گستره حمل و نقل عمومی به کاهش انتشار منجر شده است.

لو و همکاران (۲۰۰۷)، اثرات ضریب انتشار، شدت سوخت وسایط نقلیه، مالکیت وسیلهٔ نقلیه، شدت جمعیت و رشد اقتصادی را بر انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از وسایط نقلیه در کشورهای آلمان، ژاپن، کره جنوبی و تایوان در سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۰م، محاسبه نموده‌اند که نتایج آنها نشان داد که رشد سریع

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

اقتصادی و افزایش وسایط نقلیه شخصی بیشترین تأثیر را بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است در حالی که در این کشور شدت جمعیت به نحو چشمگیری باعث کاهش انتشار شده است.

خلیلی عراقی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله خود با عنوان "تحلیل تجزیه‌ای انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران"، را با استفاده از شاخص (IDA) و روش(LMDI)- عوامل اثرگذار بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش‌های اقتصادی - در دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۴۶ش، در قالب هشت دوره پنج ساله و دو دوره سه سالهٔ ۱۳۸۳-۱۳۷۸ ش، مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که سطح کلان اقتصاد، تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، جمعیت و شدت انرژی اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته و تغییرات شدت کربن سوخت‌های فسیلی، در بیشتر دوره‌ها، نقش مؤثری در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. نتایج تحلیل تجزیه شاخص در بخش صنعت نیز نشان می‌دهد که سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی و تولید این بخش از کل تولید ناخالص داخلی کشور نقش تعیین‌کننده در انتشار دی‌اکسیدکربن، در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۳ش، داشته است. همچنین، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که شدت کربن سوخت های فسیلی و شدت انرژی مصرفی در بخش خدمات و کشاورزی نقش مثبت در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند و اثر سهم بخش کشاورزی از کل تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش، برخلاف سایر بخش‌های اقتصادی، منفی بوده است.

فطرس و براتی (۱۳۹۰)، در مقالهٔ "تجزیه انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش-های اقتصادی ایران، یک تحلیل تجزیه شاخص"، چهار عامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن یعنی، فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری، ضریب انتشارِ دی‌اکسیدکربن و شدت انرژی را با بهره‌گیری از تحلیلِ تجزیه شاخص (IDA)، در سال‌های ۱۳۸۶- ۱۳۷۶ بررسی نموده‌اند. با توجه به تفاوت میزان این اثرگذاری‌ها در هر یک از بخش‌ها، اقتصاد به پنج بخش مجزا (خانگی- عمومی- تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و دیگر بخش‌ها)، تفکیک شده است. نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی بزرگ‌ترین اثر مثبت را بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام بخش‌های مورد بررسی، بجز بخش صنعت و حمل و نقل، و در کل اقتصاد داشته است. تغییرات ساختاری در دو بخش صنعت، مؤثرترین عامل در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن بوده است. شدت انرژی اثری نسبتا بزرگ بر تغییر انتشار دی-اکسیدکربن در بخش خانگی- عمومی داشته است. اثر تغییر در ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن نیز بجز در بخش‌های نیروگاهی، پالایشگاهی و مانند اینها، در چهار بخش دیگر اقتصادی، کوچک بوده است. همچنین، در مطالعه دیگری فطرس و براتی (۱۳۹۱) عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

روش "تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی" و "شاخص دیویژیای میانگین حسابی" در دروه (۱۳۸۹-۱۳۷۶) در کل بخش حمل و نقل بررسی نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری و رشد جمعیت بیشترین اثر را بر رشد انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل داشته و، در مقابل، شدت انرژی به نقشی کاهشی در انتشار دی‌اکسیدکربن برای کل بخش حمل و نقل منجر شده است. مقایسه نتایج به دست آمده از دو روش مختلف تجزیه، صحت یافته‌های مطالعه را تأیید می‌کنند.

فطرس و براتی (۱۳۸۹) در مقالهٔ "تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران"، عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران، در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶ش، را با استفاده از تکنیک تجزیه شاخص دیویژیا میانگین لگاریتمی LMDI، بررسی نمودند. در آن مطالعه پنج عامل رشد اقتصادی، شدت سوخت، شدت انرژی برق، ساختار تولید و کیفیت سوخت را به عنوان عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن شناخته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که در کل دوره رشد اقتصادی بیشترین اثر را بر افزایش انتشار بخش نیروگاه داشته است. پس از آن، به ترتیب، اثر کیفیت سوخت، اثر شدت سوخت و اثر ساختار تولید عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسیدکربن قرار دارند. تغییر در ترکیب سوختی بیشترین اثر را بر افزایش شاخص انتشار دی اکسیدکربن، به طور خاص برای دوره ۱۳۸۷-۱۳۸۳ش، داشته است. بررسی شاخص انتشار نشان می‌دهد که نیروگاه سیکل ترکیبی کمترین شاخص انتشار را در میان انواع نیروگاه‌های حرارتی دارد و از نظر محیط زیستی مناسب‌ترین نیروگاه حرارتی برای تولید برق است.

لطفعلی‌پور و آشنا (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی با عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسیدکربن در اقتصاد ایران" عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی‌را برای بخش‌های اصلی اقتصاد، طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۳ش، با استفاده مدل تجزیه‌ای کامل مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق ثابت کرد که در تحلیل کلی مهم‌ترین عامل افزایش انتشار دی‌اکسید کربن رشد اقتصادی است و در تحلیل جزئی برای هر بخش، با توجه به ویژگی آن بخش، نتایج متفاوتی به دست آمد و البته برای همه بخش‌ها اثر فعالیت اقتصادی مثبت بوده است.

۴. الگوی تحقیق

۴-۱. معرفی داده‌ها

داده‌های این پژوهش به صورت سالیانه و مختص دوره زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۰ شمسی است و با توجه به ساختار مدل، سال ۱۳۷۷ به عنوان سال پایه انتخاب شده است. آمارهای مربوط به تولید ناخالص داخلی

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

و ارزش افزوده زیربخش‌های بخش حمل و نقل از جداول ستانده رشته فعالیت های اقتصادی کشور، در دوره ۱۳۹۰-۱۳۷۷ش به قیمت جاری، در مرکز آمار ایران استفاده شده است. داده‌های مربوط به متغیر مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های حمل و نقل، ترکیب سوختی و روش حمل و نقل از داده‌های کتاب *حمل و نقل*، منتشر شده از سوی سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، و ترازنامه انرژی در سال‌های مختلف استخراج شده است. روش تحلیل تجزیه‌ای کامل (لاسپیرز اصلاح شده) به این دلیل انتخاب شده است که جمله خطای حاصل از محاسبات توزیع می شود به همین سبب قابلیت اعتماد و صحت مدل افزایش می‌یابد. نوآوری اساسی این روش آن است که جمله خطا را مطابق اصل توزیع برابر تقسیم می‌کند (لطفعلی‌پور و آشنا، ۱۳۸۹). علت دیگر این است که این مدل نیازمند داده-هایی با دوره زمانی طولانی نیست. تجزیه و تحلیل روند تغییرات میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، یک نقطه مرجع و مفید برای طراحی سیاست‌های مربوط به انرژی و محیط زیست در کشور است. تجزیه و تحلیل ارائه شده در این مطالعه منجر به نتیجه‌گیری‌های بدیعی در مورد عوامل مؤثر بر میزان انتشار CO2 و CO بخش حمل و نقل، در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۷۸ش شده است. بررسی اثرات عوامل انتشار ترکیبات کربن (دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن) برای کل بخش حمل و نقل و زیربخش‌های حمل و نقل (جاده‌ای، ریلی و هوایی) وجه تمایز این تحقیق است.

۴-۲. برآورد مدل

به منظور معرفی روش تحلیل تجزیه‌ای، ابتدا مبانی نظری کلی بیان می‌گردد و، سپس، با توجه به خصوصیات بخش حمل و نقل، معادله نهایی تحلیل تجزیه‌ای ذکر می‌شود[1]. گروسمن و گروگر (۱۹۹۱) اولین کسانی بودند که تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن را به اثرات مقیاس، ساختار و تکنولوژ ی تجزیه کردند و در ادامه شاخص کایا جهت تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل تأثیرگذار معرفی شد. در این مطالعه نیز با توجه به منابع قوی موجود در این حوزه و اطلاعات موجود مناسب‌ترین متد انتخاب شد تا بهترین جواب های ممکن را به دست آورده و بتوان به تجزیه تحلیل شرایط موجود پرداخت. جهت درک بهتر مدل و روند ایجاد شاخص کایا در این حوزه به بررسی گام به گام مدل پرداخته شده است. از آنجا که تولید ناخالص داخلی یکی از عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن است در معادله (۱) تنها عامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن (EM)تولید ناخالص داخلی معرفی شده است.

1. lise, wietze (2005). “decomposition of CO2 emission over 1980-2003 in turkey”. *nota di lavoro, fondazione eni enrico Matti*, No.24.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

$$EM = \frac{EM}{GDP}.GDP \qquad (۱)$$

در معادله (۲) تغییرات هریک از این متغیرها نیز وارد شده است و علامت Δ نشان‌دهنده تغییرات است. یک تغییر در انتشار دی‌اکسیدکربن می‌تواند به تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن، به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی که با عدد تولید ناخالص داخلی موزون شده است و تغییرات در تولید ناخالص داخلی که با میزان انتشار به هر واحد تولید ناخالص ضرب شده است، تفکیک شود.

$$\Delta EM = GDP.\frac{\Delta EM}{GDP} + \frac{EM}{GDP}.\Delta GDP \qquad (۲)$$

در معادله (۲) انتشار دی‌اکسیدکربن به دو اثر مقیاس (تغییرات در تولید ناخالص داخلی) و اثر شدت انتشار (تغییرات در انتشار به ازای هر واحد تولید ناخاص داخلی) تقسیم شده است. وجود جمله پسماند $\frac{EM}{GDP} \times \Delta GDP$ بیانگر آن است که این روش تجزیه کامل نیست. برای رفع این پسماند که اعتبار نتایج حاصل از مدل را کاهش می‌داد، مطالعات زیادی انجام شد و، سرانجام، در ۱۹۹۸م، سان[1] تحلیل تجزیه‌ای کامل را پیشنهاد کرد که جمله خطا بین اثرات مطرح‌شده توزیع می‌شود که وجود کسرهای $\frac{1}{2}$ بیانگر توزیع مساوی این جمله پسماند بین اثرات شدت انتشار و مقیاس است.

$$\Delta EM = GDP.\frac{\Delta EM}{GDP} + (1/2).\frac{EM}{GDP}.\Delta GDP + \frac{EM}{GDP}\Delta GDP + (1/2).\frac{\Delta EM}{GDP}.\Delta GDP$$

$$(3-1) = GDP.\frac{\Delta EM}{GDP} + (1/2).\frac{\Delta EM}{GDP}.\Delta GDP$$

$$(3-2) = \frac{EM}{GDP}\Delta GDP + (1/2).\frac{\Delta EM}{GDP}\Delta GDP$$

(۳)

در معادل فوق (۱-۳) اثر شدت انتشار و (۲-۳) اثر مقیاس است. با توجه با اصل معرفی شده در مطالعه "سان"، می‌توان جهت تجزیه سطح انتشار CO2 به اثرات بیشتر این اصل را بسط داد. معادله (۴) که در ذیل آمده بیانگر استفاده از مدل بسط یافته سان جهت تفکیک اثر متغیرهای توضیحی بیشتر است.

1. SUN

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

برای توضیح تغییرات در انتشار CO2 از تغییرات (Pi, Gi, Ii, Ei) براساس سال پایه، استفاده شده است. با استفاده از چهار فاکتور کایا معادله (۴) امکان تجزیه تغییرات در سطح برای اثرات مقیاس، ساختاری، انرژی و انتشار ایجاد می‌گردد که در معادله (۵) فرمول‌های مرتبط آمده است.

$$\frac{co2}{Population} = \frac{GDP}{Population}\sum\frac{addedvalue}{GDP}\cdot\frac{Energyuse}{addedvalue}\cdot\frac{CO2}{Energyuse}$$
$$= p\sum G_i I_i E_i$$

$$(4-1) = \frac{GDP}{Population} \qquad (4-2) = \sum\frac{addedvalue}{GDP} \qquad (۴)$$
$$(4-3) = \frac{Energyuse}{addedvalue} \qquad (4-4) = \frac{CO2}{Energyuse}$$

در معادله (۴)، (۱-۴) اثر شدت انتشار، (۲-۴) اثر مقیاس، (۳-۴) اثر شدت انرژی و (۴-۴) اثر شدت انتشار را نشان می‌دهد. میزان انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن برابر است با تولید ناخالص داخلی سرانه و جمع تولیدات بخشی ارزش افزوده به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی G_i، میزان مصرف انرژی برای تولید هر واحد ارزش افزوده I_i و میزان انتشار CO2 به ازای مصرف هر واحد انرژی E_i است. می‌توان در این معادله تغییرات را لحاظ و معادله (۵) را بازنویسی نمود. در این معادله (ΔP، ΔG، ΔI, ΔE) براساس تفاوت‌ها با سال پایه تعریف شده است. سپس در جهت استفاده از چهار عامل تشخیص کایا در معادله (۴) این امکان وجود دارد که تغییرات در سطح انتشار به چهار عامل اثر مقیاس، ساختار، شدت انرژی و شدت انتشار تقسیم گردد. در معادله (۵) این موارد ذکر شده است.

$$(5-1) = \Delta P\sum_i\left\{G_iI_iE_i + \frac{1}{2}(\Delta G_iI_iE_i + G_i\Delta I_iE_i + G_iI_i\Delta E_i\right\} + \Delta P\sum_i\left\{\frac{1}{3}(\Delta G_i\Delta I_iE_i + \Delta GI_i\Delta E_i + G_i\Delta I_i\Delta E_i + \frac{1}{4}\Delta G_i\Delta I_i\Delta E_i\right\}$$
$$(5-2) = \sum_i\Delta G_i\left\{P_iI_iE_i + \frac{1}{2}(\Delta P_iI_iE_i + P_i\Delta I_iE_i + P_iI_i\Delta E_i\right\} + \sum_i\Delta G_i\left\{\frac{1}{3}(\Delta P_i\Delta I_i\Delta E_i + \Delta P_iI_i\Delta E_i + P_i\Delta I_i\Delta E_i + \frac{1}{4}\Delta P_i\Delta I_i\Delta E_i\right\}$$
$$(5-3) = \sum_i\Delta I_i\left\{P_iG_iE_i + \frac{1}{2}(\Delta P_iG_iE_i + P_i\Delta G_iE_i + P_iG_i\Delta E_i\right\} + \sum_i\Delta I_i\left\{\frac{1}{3}(\Delta P_i\Delta G_i\Delta E_i + \Delta P_iG_i\Delta E_i + P_i\Delta G_i\Delta E_i + \frac{1}{4}\Delta P_i\Delta G_i\Delta E_i\right\}$$
$$(5-4) = \sum_i\Delta E_i\left\{P_iG_iI_i + \frac{1}{2}(\Delta P_iG_iI_i + P_i\Delta G_iI_i + P_iG_i\Delta I_i\right\} + \sum_i\Delta E_i\left\{\frac{1}{3}(\Delta P_i\Delta G_i\Delta I_i + \Delta P_iG_i\Delta I_i + P_i\Delta G_i\Delta I_i + \frac{1}{4}\Delta P_i\Delta G_i\Delta I_i\right\}$$

(۵)

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

در معادله فوق، محاسبه معادلات تجزیه‌ای به ترتیب (۱-۵) اثر شدت انتشار، (۲-۵) اثر مقیاس، (۳-۵) اثر شدت انرژی و (۴-۵) اثر شدت انتشار است. معادله (۵) نشان می‌دهد که برای مثال در زمان محاسبه اثر مقیاس، لازم است به تفاوت وزن p (Δp) در برابر سایر فاکتورهای شاخص برابری کایا توجه شود. هرچند که در مرحله اول جمله خطا باقی می‌ماند ولی در مراحل بعد طبق اصل «مشترکاً ایجاد و مساوی تقسیم می‌شود» جمله خطا از بین می‌رود و وجود کسرهای $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ گویای همین امر است (ژنگ، آنگ، ۲۰۰۱). تفکیک عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن به شرح فوق بدان سبب است که از طرفی سطح بالای تولید سرانه و نرخ رشد زیاد اقتصادی به علت بهره‌گیری بیشتر از منابع و تولید زباله بیشتر، تعیین‌کننده بحرانی از تخریب محیط زیست است. بسیاری از تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که رشد اقتصادی مسئول بسیاری از تغییرات در روند انتشار دی‌اکسیدکربن است. علاوه بر آن، فناوری و تکنولوژی به کار گرفته شده تعیین‌کننده ترکیب سرمایه، نیروی کار، انرژی، مواد و اطلاعات مورد نیاز برای تولید یک کالا یا خدمات است. تغییرات تکنولوژیکی می‌تواند از دو طریق کاهش انرژی مصرفی به ازای تولید ناخالص داخلی (شدت انرژی) و جایگزینی سوخت‌های کم آلاینده‌تر سبب کاهش اثرات زیست محیطی مصرف انرژی شود. مصارف انرژی وابسته به متغیرهایی، ازجمله بهره‌وری سیستم‌های انرژی، سیستم قیمت‌گذاری انرژی و ساختارهای اقتصادی است که این وابستگی بیانگر اثر شدت انرژی است. اثر شدت انتشار نیز برای ارزیابی کیفیت سوخت، جانشینی سوخت و نصب تکنولوژی‌های با آلودگی کمتر کاربرد دارد. منفی بودن این اثر نشان می‌دهد که ترکیب سوخت در کشور به سمت استفاده از سوخت‌هایی با آلایندگی کمتر یا سوخت‌های پاک رفته است یا بالعکس بخش مورد نظر در تأمین انرژی سوخت‌هایی با آلایندگی بالا را در اولویت قرار داده است. اثر ساختار اقتصادی موقعیت نسبی و سهم اقتصادی هر بخش را نشان می‌دهد. به بیان دیگر، این اثر سهم ارزش افزوده ایجاد شده از هر بخش به نسبت کل ارزش افزوده کل کشور و نسبت مشارکت آن بخش در اقتصاد را بیان می‌کند. اگر در کل کشور اثر ساختاری مثبت باشد نشان‌دهنده این است که تغییرات ساختاری به گونه‌ای بوده است که سهم صنایع تولیدکننده CO2 در کشور افزایش یافته است.[۱]

با توجه به موارد بیان شده، انتشار ترکیبات کربن به عوامل مستقیم (ترکیب سوختی، روش حمل ونقل، تغییرات شدت انرژی (کارایی انرژی و قیمت سوخت) و غیرمستقیم (رشد جمعیت و رشد اقتصادی) تجریه می‌شود. همچنین، می‌توان ترکیب سوختی، شیوه حمل و نقل، قیمت سوخت و خدمات بخش حمل و نقل را با تجزیه بیشتر چهار عامل اصلی به تفکیک مورد بررسی قرار داد. به عنوان مثال

۱. فطرس و براتی (۱۳۹۰)

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

معادله (۴) به شکل معادله (۶) قابل تجزیه می‌باشد.

$$\frac{CO2}{Population}=\frac{GDP}{Population}\sum\frac{addedvalue}{GDPn}.\frac{CPI_t}{CPI_{tj}}.\frac{CF_t}{addedvalue}.\frac{CF_{jt}}{CF_t}.\frac{CF_{ijt}}{CF_{jt}}.\frac{CO2_{ijt}}{CF_{ijt}} \quad (۶)$$

در تحلیل تجزیه‌ای معادله (۶) انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل نوع سوخت (بنزین، نفت گاز CNG، گاز مایع LPG ، گاز طبیعی، نفت کوره، سوخت هوایی)، شیوه حمل و نقل (جاده‌ای، ریلی و هوایی)، شاخص قیمت حمل و نقل، اثر جمعیت، رشد اقتصادی، تغییر ساختار و شدت انتشار در بخش-های مختلف را نشان می‌دهد. بنابراین متغیرهای معادله (۶) به صورت زیر تعریف می‌گردد:

- CF_{ijt}: مصرف سوخت i توسط بخش j حمل و نقل
- CF_t: کل مصرف سوخت در بخش j حمل و نقل
- Added value: ارزش افزوده بخش ها
- Population: جمعیت کشور
- GDP: تولید ناخالص داخلی اسمی و واقعی
- CPI: شاخص قیمت

معادله (۶) را می‌توان به صورت زیر نوشت که اثرات مختلف تفکیک و به صورت مجزا در معادله (۷) بررسی شود:

$$\frac{CO2}{Population}=P_i\sum G_{ij}\ \mathrm{CPI}_{ij}\ I_{ij}MM_{ij}MF_{ij}E_{ij} \quad (۷)$$

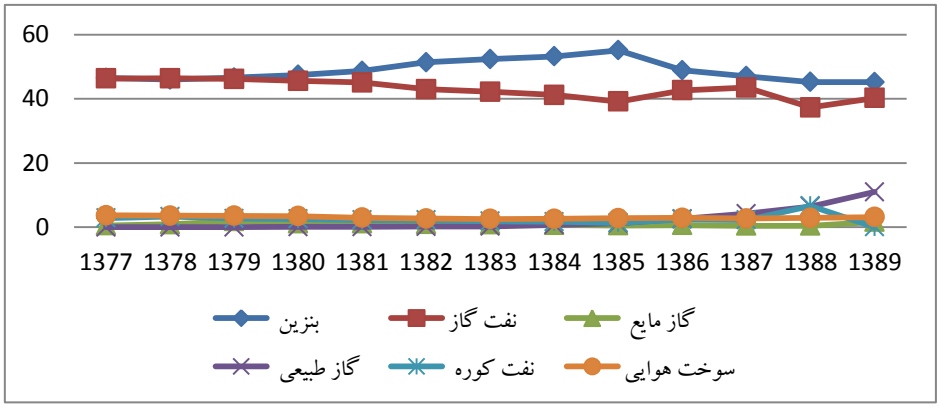
در معادله فوق Pi اثر مقیاس، Gij اثر تغییرات ساختاری، CPI تغییرات شاخص قیمت، Iij اثرات تغییرات شدت انرژی، MMij اثر مربوط به شیوه حمل و نقل و MF ترکیب سوختی در بخش حمل و نقل (سهم سوخت در زیربخش حمل و نقل) و Eij تغییر در اثر ضریب انتشار است. ادامه روند تجزیه معادله (۷) مطابق معادله (۵) می‌باشد و در این تحقیق تحلیل تجزیه‌ای از طریق نرم‌افزار MATLAB محاسبه و در ادامه تحقیق به نتایج تجزیه پرداخته شده است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

۴-۳. بررسی داده‌ها

۴-۳-۱. ترکیب سوختی در بخش حمل و نقل

روند سهم هریک از سوخت‌های سنگواره‌ای مورد استفاده در بخش حمل و نقل به تفکیک بنزین، نفت گاز، گاز مایع، گاز طبیعی، نفت کوره، سوخت هوایی در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷ش، در نمودار (۱) آمده است. همان‌طور که مشخص است سهم بنزین از سایر سوخت‌ها بیشتر بوده و در طول دوره سهم متوسط ۴۸ درصد را داراست. این درحالی است که روند استفاده از بنزین تا سال ۱۳۸۵ش صعودی بوده و پس از آن به دلیل استفاده از گاز طبیعی روند آن کاهشی شده است. سهم مصرف گاز طبیعی به گونه‌ای بوده است که در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵ سهم مصرف این سوخت از به ۱۳/۸ درصد رسیده است. پس از بنزین، نفت گاز بیشترین سهم از سوخت معادل ۴۲ درصد را به سبب استفاده در ناوگان‌های دورن شهری و برون شهری (جاده‌ای)، ریلی و دریایی داراست. مصرف سوخت هوایی به دلیل افزایش حمل و نقل‌های زمینی روندی نزولی داشته و کل سهم برابر ۳ درصد بوده است. نفت کوره به عنوان سوخت دریایی سهم اندکی در حمل و نقل معادل ۱/۱۵ درصد دارد که این سهم در دو سال اخیر کاهش محسوسی یافته است.



نمودار ۱. ترکیب سوختی بر حسب مصرف انرژی در بخش حمل و نقل (میلیون بشکه معادل نفت خام در ۱۳۹۰-۱۳۷۷ش)

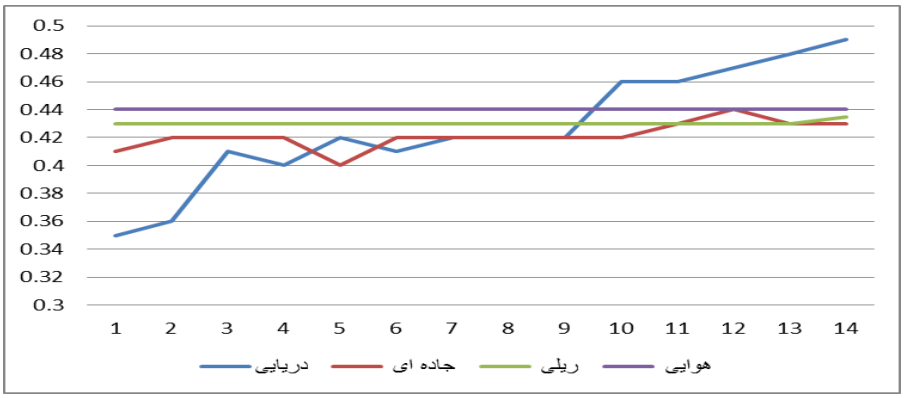
مأخذ: *ترازنامه انرژی و اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور*

۴-۳-۲. شدت انتشار و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های حمل و نقل

شدت انتشار که سهم انتشار دی‌اکسیدکربن از مصرف انرژِی در بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد، در بخش‌های مختلف حمل و نقل نشان از آن دارد که این شاخص در زیربخش‌های جاده‌ای و دریایی نوسان داشته است و در دو بخش هوایی و ریلی در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷ش، روند ثابتی را گذرانده

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

است. علت نوسانات در بخش جاده‌ای و دریایی به تغییر نوع سوخت در این بخش‌ها بازمی‌گردد. در بخش جاده‌ای از سال ۱۳۸۱ش، گاز طبیعی به عنوان سوخت مصرفی در حمل و نقل وارد گردید و در سال ۱۳۸۷، گازسوز کردن خودروها روند صعودی داشته است. از آنجایی که گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی سوخت پاک به شمار می‌رود و آلودگی کمتری دارد شدت انتشار در واحد انرژی کاهش یافته است، اما با این وجود به دلیل مصرف بالای آن، ۵۴ درصد از کل انتشار دی-اکسیدکربن مربوط به گاز طبیعی است. (*ترازنامه انرژی*، ۱۳۹۰). در بخش دریایی روند افزایشی شدت انتشار به علت افزایش سهم مصرف نفت گاز نسبت به دیگر سوخت‌ها در این بخش است. در نمودار (۲) شدت انتشار در زیربخش‌های حمل و نقل آمده است.

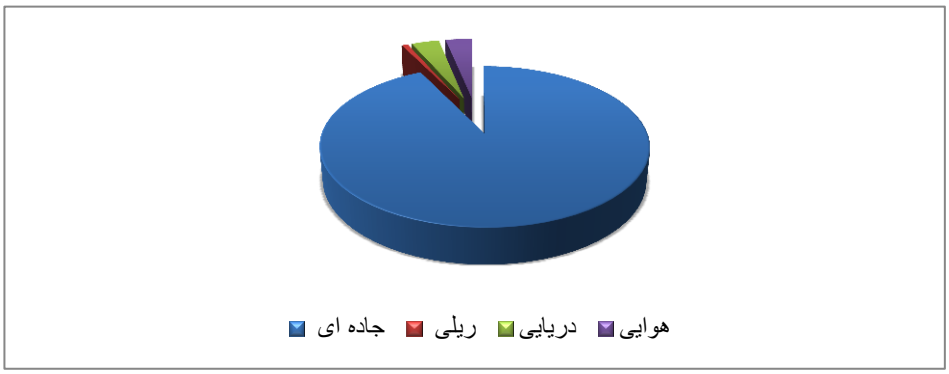


نمودار ۲. شدت انتشار در زیربخش‌های حمل و نقل طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷

مأخذ: *ترازنامه انرژی و اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور*

میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷، حدود ۲/۵ برابر شده و از ۵۵/۰۴ میلیون تن به ۱۲۶/۴ میلیون تن رسیده است که این امر نشان از رشد متوسطی حدود ۷ درصد در این سال‌ها دارد. در بین زیر بخش‌های حمل و نقل، طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷، حمل و نقل جاده‌ای با سهم حدود ۹۲/۷ درصد بیشترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را در زیربخش‌های حمل و نقل دارد که رشد این بخش در این سال‌ها سالانه ۱۱ درصد بوده است. میزان انتشار بخش هوایی با دارا بودن سهم ۳/۲۲ درصدی در انتشار دی‌اکسیدکربن از ۲/۵ میلیون تن به ۳/۶ میلیون تن رسیده که متوسط رشد ۲/۸ درصدی داشته است. بخش ریلی با سهم اندک ۰/۷۳ درصد از انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل با رشد ۵ درصدی سالانه میزان انتشار دی‌اکسیدکربن آن از ۰/۵ به ۰/۹۶ میلیون تن رسیده است. (نمودار۳)

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]



نمودار ۳. متوسط سهم هریک از زیربخش‌های حمل و نقل از انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۷۷

مأخذ: *ترازنامه انرژی و اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور*

۵. نتایج تجزیه انتشار ترکیبات کربن

از دیدگاه اقتصادی حمل و نقل مجموعه‌ای از خدمات است که انتقال و جابه‌جایی کالا و انسان از یک نقطه به نقطه دیگر را امکان‌پذیر می‌کند و به همین سبب در اقتصاد ارزش افزوده ایجاد می‌کند و، علاوه بر این، بخشی از جریان تولید کالاها نیز به حساب می‌آید. البته حمل و نقل به عنوان محصول فعالیت تولیدی از طریق شیوه‌های مختلف شامل جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی عرضه می‌شود و مشخصه بارز همه این شیوها مصرف سوخت در حد گسترده است . به همین علت فعالیت و کارایی این بخش نسبت به سایر عوامل، بیشترین تأثیر را برجای می‌گذارد. همان طور که بیان گردید، با توجه به مشکلات تغییر اقلیم در جهان و انتشار روزافزون گازهای گلخانه، بالاخص ترکیبات کربن، اتخاذ تصمیمات بهینه در این بخش مانند یک حلقه اتصال به تمامی بخش‌ها خواهد بود و بر تمامی بخش‌های اقتصاد تأثیر خواهد داشت. بنابراین، بررسی عوامل مؤثر بر این مهم می‌تواند اتخاذ تصمیمات بهینه در این بخش یاری‌رسان باشد.

۵-۱. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن در بخش حمل و نقل

در ایران، طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷ش، انتشار گازهای ترکیبات کربن قریب به سه برابر افزایش یافته است. البته شدت عوامل مؤثر بر این افزایش متفاوت است. نتایج جمع‌پذیری برای رشد انتشار ترکیبات کربن از بخش حمل و نقل به تفکیک ترکیب سوخت، شیوه حمل و نقل، شدت انتشار، ساختار اقتصادی، فعالیت‌های اقتصادی، کارایی انرژی و قیمت حمل و نقل در جدول (۱) آمده شده است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

جدول ۱. تجزیه انتشار CO2 و CO در بخش حمل و نقل در ۱۳۹۰-۱۳۷۸ ش

	اثر شدت انتشار		اثر ترکیب سوختی		شیوه حمل و نقل		اثر شدت انرژی		اثر ساختاری		اثر فعالیت اقتصادی		اثر جمعیت		اثر قیمت	
	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
۱۳۷۸	-۸۹.۵	-۲.۷۰	۱۸.۵	-۱.۰۵	۵,۱	۰,۲۱	-۱۱۶	-۱۹۳	-۶۹	-۵	۱۳۴,۹	۱۴,۷	۲۰۲	۱۳,۳	۱,۱۲	۰,۰۱
۱۳۷۹	۳۸.۸	۲.۷۰	۱۲.۹	۲.۷۰	۳,۹	۰,۳۶۴	-۱۸۵	-۲۰۲	-۹۵	-۸	-۶۷,۳	-۷,۹	۱۹۵	۱۵,۸	۲,۳۶	۰,۰۲
۱۳۸۰	-۷۹.۱	-۰.۶۸	-۱۵.۸	-۰.۶۸	-۱۰,۴	۰,۴۲۱	-۱۴۵	-۲۳,۰	۷۰	۶	۲۰۵,۹	۴۲,۳	۳۳۹	۲۷,۷	۶,۴۲	۰,۰۳
۱۳۸۱	-۹۸.۱	-۰.۱۷	-۱۰۲.۵	-۱۵	-۱۲,۳	۰,۴۶۸	-۱۱۲	-۱۲,۹	-۶۰	۳۴	۴۰۶,۸	۲۸,۹	۳۶۴	۳۷,۱	۳,۴۶	۰,۰۳
۱۳۸۲	۷۴.۳	-۱.۹	-۵۷.۳	-۱۸۷	-۹,۳	۰,۳۰۸	-۱۲۷	-۱۹,۸	-۵۴	-۲۱	۴۱۸	۱۳,۸	۳۵۹	۳۵,۱	۲,۳	۰,۰۲
۱۳۸۳	-۱۰۳	-۰.۵۴	-۶۹.۴	۰.۵۴	-۱۰,۸	۰,۱۵۳	-۲۵۵	-۲۰,۲	۸۹	-۲۷	۴۰۴,۸	۸,۱	۳۶۵	۲۸,۹	۳,۵	۰,۰۱
۱۳۸۴	-۳۴.۳	-۰.۵۳	-۱۲.۵	-۱.۶۸	-۹,۵	-۰,۰۶۴	-۲۸۲	-۲۸,۴	۱۰۹	۱۱,۸	۴۰۷,۳	۱۰,۹	۱۲۰	۳۷,۴	۳,۰۶	۰,۰۰
۱۳۸۵	۲۷.۹	-۸.۴۶	۲۳.۲	-۱۰.۵	۸,۴	-۰,۵۳۹	-۳۳۶	-۵۷,۲	۶۷	۷۵,۹	۴۳۵	۱۶,۷	۱۰۹	۳۰,۹	۳,۵۳	۰,۰۴
۱۳۸۶	۱۸۷.۳	-۶۸.۰	۱۲.۴	-۱۲.۴	۱۹,۵	-۱,۸۵۴	-۴۳۸	-۶۲,۲	۸۹	۷۹,۳	۴۷۸,۶	۲۴,۵	۹۷	۲۹,۴	۳,۸۵	۰,۱۲
۱۳۸۷	۷۳.۵	-۱۰.۸۴	-۵۴.۳	-۱۵.۹	-۱۵,۲	-۲,۸۹۱	-۵۶۲	-۸۵,۳	۱۱۷	۶۶,۸	۴۰۹,۵	۳۵,۹	۶۵	۳۵	۴,۸۹	۰,۱۹
۱۳۸۸	۲۳.۴	-۱۲.۸۱	-۱۰.۵	-۲۸.۹	۲۰,۴	۳,۳۳۱	-۴۲۵	-۹۴,۸	-۹۰	۶۰	۷۸,۵	۴,۵	۸۷	۳۰,۴	۳,۳۳	۰,۲۰
۱۳۸۹	۲۵	-۵۰.۱۵	-۱۱.۳	-۴۸.۵	۵۹,۱	۵,۴۷۹	-۵۸۷	-۸۳,۱	-۱۲۸	-۳۶,۴	۷۲,۶	۳,۷	۹۰	۴۷,۹	۵,۴۷	۰,۲۸
۱۳۹۰	۶۷.۸	-۸۹.۶۳	۲۴.۱	-۵۹.۳	۴۳,۱۲	۶,۳۷۷	-۶۱۲	-۹۱,۰	-۱۱۰	-۶۰,۷	۶۸,۶	۲,۶	۹۴	۲۶,۳	۶,۳۷	۰,۲۸

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول (۱) مجزاسازی انتشار CO2 و CO را در بخش حمل و نقل نشان می‌دهد. اثر مقیاس (جمعیت) در دوره‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۸ نشان از آن دارد که افزایش ابعاد و وسعت خدمات حمل و نقل به مصرف بیشتر انرژی و انتشار CO2 منتج شده است. اما این روند در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۴ تغییر کرده و اثرات افزایش مقیاس بر انتشار گاز CO2 کاهش یافته است. در انتشار گاز co اثرات مقیاس نیز رفتار مشابه داشته است. بنابراین، از سال ۱۳۸۴ به بعد، شاخص مقیاس نشان می‌دهد افزایش جمعیت باعث افزایش بسیار زیاد بر انتشار ترکیبات کربن نبوده است. در این خصوص اجرای طرح‌های جایگزین کردن خودروهای فرسوده و افزایش نقش ناوگان ریلی شهری در حمل و نقل که از سال ۱۳۸۲ به بعد به اجرا درآمده بود، توانست در کاهش انتشار ترکیبات کربن مؤثر باشد[1]. در خصوص اثر فعالیت (رشد) اقتصادی تجزیه انتشار نشان می‌دهد در سال‌هایی که رشد اقتصادی بیشتر و رشد جمعیت کمتر باشد و یا رشد درآمد سرانه افزایشی باشد، نقش این عامل در افزایش انتشار بیشتر خواهد بود. در طی این سال‌ها درآمد سرانه در سال ۱۳۷۸ کاهش داشته که فقط در این سال نیز اثر انتشار منفی بوده است.

۱. مطابق آمار معاونت نوسازی ناوگان تا پیش از سال ۱۳۸۴ش، حدود ۵۰ هزار دستگاه خودرو اسقاط شده است در حالی که در سال ۱۳۸۵ این مقدار برابر ۱۱۵ هزار دستگاه بوده و در سال ۱۳۹۰ به ۲۲۷ هزار دستگاه رسیده است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

این روند در انتشار CO2 و CO یکسان است. در اثر ساختاری که اثر ارزش افزوده هر بخش با تولید ناخالص داخلی را نشان می‌دهد تأثیرات این شاخص بر انتشار CO2 روند یکسانی نداشته است و در سال‌های ۱۳۸۰ و دوره ۱۳۸۷-۱۳۸۳ این اثر مثبت و سایر سال‌ها این اثر منفی بوده است. در سال‌هایی که اثر ساختاری بر انتشار، تأثیر مثبت داشته سال‌هایی بوده است که نسبت ارزش افزوده بخش حمل و نقل بر تولید ناخالص داخلی روند افزایشی داشته و پس از آن کاهشی بوده است[۱].

اثر شدت انرژی در سال‌های مورد بررسی مؤثرترین اثر را در کاهش انتشار CO2 داشته که نشان-دهنده افزایش کارایی انرژی در بخش حمل و نقل است. در کل این دوره اثر شدت انرژی بر انتشار منفی بوده و این امر نشان از سهم بالای افزایش کارایی در این بخش بر کاهش انتشار CO2 دارد.از علل کاهش یک باره این شاخص، پس از سال ۱۳۸۴، بالاخص انتشار منوکسیدکربن، می‌توان به مواردی مانند نوسازی ناوگان حمل و نقل و جایگزینی خودروهای فرسوده اشاره نمود.

تغییر در ترکیب سوختی و شیوهٔ حمل و نقل در سال‌های مختلف، اثرات کاهنده‌ای بر انتشار ترکیبات کربن داشته است. پس از سال ۱۳۸۵، به علت دوگانه سوز شدن شماری از خودروها و استفاده بیشتر از گازطبیعی به جای بنزین موتور، مصرف بنزین رشد کاهشی داشته است. در مقابل مصرف گازطبیعی به شدت افزایش یافته است. شایان ذکر است که از سوختن هر واحد گاز طبیعی، ترکیبات کربن کمتری منتشر می‌شود. این امر باعث اثرِ منفی تغییر ترکیب سوخت در سال‌های ابتدایی بعد از ۱۳۸۵ شده است، اما با افزایش یکباره گاز طبیعی از این روند انتشار دی‌اکسیدکربن کاسته شده است، اما انتشار منوکسیدکربن کاملاً کاهشی بوده است. تغییرات در شیوه حمل و نقل اثرات منفی کمی بر انتشار داشته که علت آن تقویت ناوگان ریلی و استفاده از متروست. اثر شدت انتشار سال‌های مختلف اثرات متفاوتی بر رشد انتشار نشان می‌دهد، نرخ انتشار CO2، به ازای مصرف هر واحد انرژی، تا سال ۱۳۸۲ کاهشی بوده و اما این روند از سال ۱۳۸۱ به بعد به متفاوت بوده است و علت آن میزان استفاده از گاز طبیعی در سوخت است[۲]. در سال‌های ابتدایی که گاز طبیعی وارد چرخه سوخت گردید، میزان

---

۱. در این دوره نسبت ارزش افزوده بخش حمل و نقل بر تولید ناخالص داخلی نیز با تغییرات اندک روند نوسانی داشته است. به‌طوری که در سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۷ش، این شاخص تقریباً ثابت و برابر ۶/۵ درصد بوده است و در سال ۱۳۸۱ به ۶ درصد تنزل یافته است و تا سال ۱۳۸۳ با روند صعودی به ۶/۷ درصد رسیده و پس از آن در سال ۱۳۸۴، ۶/۴ درصد کاهش داشته است؛ اما پس از آن با روندی صعودی، تا سال ۱۳۸۸، به ۷/۷ درصد رسیده است این نرخ برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، به ترتیب برابر ۷/۵ و ۷/۲ درصد بوده است.

۲. گاز طبیعی در سال ۱۳۸۰ با سهم اندک ۰/۱ درصد وارد چرخه سوخت حمل و نقل گردید که با یک روند افزایشی فزاینده در سال ۱۳۹۰ به ۱۳/۸ درصد رسیده است، این روند افزایشی از سال ۱۳۸۷ با سهم (۴/۶۱ درصد) شتاب گرفته است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

انتشار کاهش یافته ولی پس از آن به علت استفاده یک‌باره زیاد از این سوخت اثر انتشار بر دی اکسیدکربن افزایش داشته است. ذکر این نکته لازم است که در انتشار دی‌اکسید کربن سهم بنزین ۱۱/۱ درصد می‌باشد، در حالی که سهم گازهای طبیعی برابر ۵۴ درصد بوده است. هرچند آلایندگی بنزین در سایر گازهای گلخانه‌ای مانند مونوکسیدکربن بیشتر است. بررسی اثر قیمتی نشان می‌دهد که طی این سال‌ها پایین بودن قیمت سوخت باعث افزایش میزان انتشار در ترکیبات کربن شده است.

۵-۲. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن در زیربخش‌های بخش حمل و نقل

به‌طورکلی درخصوص بخش حمل و نقل می‌توان گفت که در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷، بررسی حدود ۷۹/۲ درصد از ارزش افزوده بخش خدمات به حمل و نقل جاده‌ای، ۲/۲ درصد به حمل و نقل ریلی (مجموعاً حدود ۸۱/۴ درصد حمل و نقل بخش زمینی) و ۱۳/۸ درصد به حمل و نقل دریایی و ۴/۸ درصد حمل و نقل هوایی اختصاص داشته است. در این بین، حمل و نقل جاده‌ای با سهم حدود ۹۰ درصد بیشترین سهم را در انتشار ترکیبات کربن داشته است[۱]. در ادامه به بررسی اثرات انتشار دی-اکسیدکربن در زیربخش‌های حمل و نقل پرداخته می‌شود.

۵-۲-۱. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن در زیربخش حمل و نقل جاده‌ای

دربین شقوق مختلف حمل ونقل، زیربخش حمل ونقل جاده‌ای جایگاه ویژه‌ای دارد. جابه‌جایی سالانه حدود ۹۵ درصد بار و مسافر در کشور، به وسیلهٔ زیربخش حمل ونقل جاده‌ای، سهم ارزش افزوده ۸۰ درصدی زیربخش حمل ونقل جاده‌ای از کل حمل و نقل کشور، در دهه گذشته ۹۰-۱۳۷۷ش، حاکی از اهمیت زیربخش حمل ونقل جاده‌ای در بین شیوه‌های مختلف حمل ونقل کشور است. در این بخش با توجه به اهمیت بخش حمل و نقل جاده‌ای در مشتقات جزئی تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار دی-اکسیدکربن و منوکسیدکربن شاخص‌های تغییر در شیوه حمل و نقل به صورت عمومی و خصوصی در محاسبات گنجانده شده است.

---

۱. به علت عدم وجود برخی از آمار در بخش دریایی برخی از سال‌ها نتایج قابل ارائه نبوده است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

جدول ۲. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن دربخش حمل و نقل جاده‌ای در ۱۳۹۰-۱۳۷۸

	اثر شدت انتشار		اثر ترکیب سوختی		اثر شیوه حمل و نقل (عمومی و خصوصی)		اثر شدت انرژی		اثر ساختاری		اثر فعالیت اقتصادی		اثر جمعیت		اثر قیمت	
	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
۱۳۷۸	۴۸٫۵	۰٫۴	۴۱٫۴	-۰.۳	۱٫۶	۰.۱۲	-۹۴	-۸٫۱	-۲۰۲	-۳	۹۴٫۹	۱٫۷	۱۲۱	۱۶	۰.۱۴۰	۰.۰۱
۱۳۷۹	۳۷٫۹	۰.۳	۲۳٫۸	۰.۰۰۳	۹٫۶	۰.۳۶	-۷۴	-۹٫۶	-۲۹۵	-۴٫۵	-۸۷٫۳	-۵٫۹	۳۶۴	۲۸	۰.۷۴۳	۰.۰۵
۱۳۸۰	۳۸٫۹	-۰.۰۱	-۳۸٫۸	-۰.۰۰۱	۱۰.۴	۰.۴۲	-۹۵	-۱۱٫۲	-۴۸۶	-۶٫۹	۹۵٫۹	۴۳	۴۲۱	۳۰	۰.۹۵۳	۰.۰۶
۱۳۸۱	-۵۴٫۹	۰.۰۰۰	-۴۳٫۶	۰.۰۰۰	۱۵۳	۰.۴۶	-۱۲۴	-۱۳٫۵	-۲۰۴	-۱۵	۱۰۶٫۸	۱۸٫۹	۴۶٫۸	۳۵	۱.۲۴۹	۰.۰۸
۱۳۸۲	-۲۰٫۵	-۸٫۲	-۱۶٫۳	-۰.۴۲	-۱۹٫۳	۰.۳۰	-۱۲۰	-۱۸٫۴	-۳۰۶	-۱۷٫۴	۱۱۸	۱۵٫۸	۳۰٫۸	۲۶	۲.۴۰	۰.۱۸
۱۳۸۳	-۲۶٫۸	-۱۰٫۲	-۱۲٫۱	-۱٫۸۷	-۱۶٫۸	۰.۱۵	-۱۱۷	-۲۴٫۸	-۳۴۵	-۲۰٫۳	۱۰۴٫۸	۹.۱	۱۵۳	۱۶	۳.۱۷	۰.۲۴
۱۳۸۴	۴۶٫۹	-۱۱٫۲	۱۰٫۶	-۵٫۹۰	-۱۹٫۵	-۰.۰۶	-۱۲۳	-۳۳٫۸	-۴۵۸	-۴۹٫۶	۲۰۷٫۳	۱۷٫۹	-۶۴	-۱۶	۴.۲۳	۰.۳۳
۱۳۸۵	۴۷٫۷	-۱۰٫۹	۳۶٫۴	-۹.۶۹	۷٫۴	-۱٫۵۳	-۲۲۵	-۶۱	-۶۰۸	-۵۶٫۱	۲۳۵	۶۷	-۵۹	-۱.۰۴	-۶.۱۲	۰.۵۱
۱۳۸۶	۴۹٫۱	-۱۲.۹	۵۶٫۷	-۱۰.۰۹	۲۹٫۵	-۱۸۵	-۳۰۶	-۷۶	-۸۶۶	-۵۵	۲۳۸٫۶	۱۴۵	-۱۰۵	-۱.۱۲۹	۱۰.۱۷	۰.۷۶
۱۳۸۷	۵۶٫۲	-۳۰٫۲	۷۸٫۳-	-۱۳.۲	-۱۰.۲	-۰.۸۹	-۳۸۲	-۵۴	-۶۳۴	-۹۲٫۷	۳۰۹٫۵	۱۲٫۹	-۲۰۹	-۱.۱۹	۱۳٫۶۸	۰.۹۷
۱۳۸۸	۶۷٫۹	-۴۱٫۴	۴۷٫۴	-۱۴۶	۸۴	-۱.۳۳	-۲۶۵	-۶۶	-۴۳۸	-۶۷٫۲	۶۸۵	۸۵	-۳۰۳	-۱.۲۰	۱۴.۹۶	۱.۰۰
۱۳۸۹	۷۸٫۲	-۵۸٫۵	۵۴٫۱	-۱۵۸	۹.۱	-۱.۴۷	-۲۵۶	-۸۷٫۶	-۳۲۸	-۵۴٫۳	۸۲۶	۲.۷	-۲۴۷	-۱.۹۸	۲۱٫۵۹	۱.۲۲
۱۳۹۰	۷۸٫۹	-۵۰٫۸	۴۳٫۲	-۱۶۴	۱۳٫۲	۰.۱۲	-۲۴۹	-۶۸٫۹	-۲۲۱	-۲۰٫۴	۹۸۶	۱۶	-۱۳۷	-۱.۲۸	۲۴.۹۱	۱.۱۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

در جدول (۲) عوامل مؤثر بر انتشار ترکیبات کربن در بخش حمل و نقل جاده‌ای ارائه شده است. منفی بودن اثر شدت انرژی در کل دوره مورد بررسی، بیانگر آن است که سیاست‌های کشور در راستای صرفه‌جویی انرژی و افزایش کارایی انرژی در بخش حمل و نقل جاده‌ای بوده است. اثر مقیاس از سال ۱۳۸۴ منفی شده و این امر بیانگر آن است که از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۸۳ ظرفیت حمل و نقل مورد استفاده در این بخش به گونه‌ای بوده که با افزایش حجم فعالیت این بخش میزان ترکیبات کربن به ازای مصرف هر واحد انرژی مصرفی روند افزایشی داشته، اما پس از آن این روند تغییر کرده است.

بررسی تغییر در ترکیب سوخت در حمل و نقل جاده‌ای (بنزین، نفت و گاز، گاز مایع و گاز طبیعی) نشان می‌دهد تغییر رویکرد، در سال ۱۳۸۱ و به‌کارگیری سوخت‌های پاک‌تر، در سال‌های اولیه، اثرات مثبتی بر کاهش انتشار ترکیبات کربن داشته است. اما در سال‌های پس از آن، این روند تغییر کرده است.آمارهای ارائه شده از مصرف انرژی، به تفکیک سوخت در این بخش، نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۳ مصرف گاز طبیعی در این بخش از ۲/۷۹ به ۴/۹۳ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است که بیانگر افزایش سهم گاز طبیعی به عنوان یک سوخت پاک در سبد تأمین انرژی در این بخش است، اما افزایش یک‌باره باعث شده است میزان انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از گاز طبیعی در بخش جاده‌ای از ۱۶۸ هزار تن در سال ۱۳۸۳ به ۵۸۸ هزار تن در سال ۱۳۸۴ منتج شود. این روند

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

همچنان ادامه داشته و به ۱۳۵۰۷ هزار تن در سال ۱۳۹۰ رسیده است. بنابراین، نکته مهم آن است که گاز طبیعی اگرچه در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، سوخت پاک به شمار می‌رود، اما با توجه به استفاده یکباره از این سوخت این امر اثر شدت انتشار در حمل و نقل جاده‌ای از سال ۱۳۸۵ به بعد، تغییر کرده و تأثیر آن بر میزان انتشار CO2 فزآینده شده است. اما اثر سوخت گاز طبیعی در سایر گازهای گلخانه‌ای بسیار اندک است و این امر باعث کاهش میزان انتشار CO کاهنده شود[1]. اثرات شدت انتشار نیز از این روند تبعیت می‌نماید با این تفاوت که در سال ۱۳۸۷ به علت افزایش خودروهای گازسوز در این سال‌ها اثر انتشار منفی شده است. اثرات تغییر در شیوه حمل و نقل و توسعه حمل و نقل عمومی مانند ایجاد مترو و غیره در سال‌های مورد بررسی، اثر چندانی بر کاهش انتشار ترکیبات کربن نداشته که علت آن سهم اندک آن از حمل و نقل بوده است. در بخش حمل و نقل جاده‌ای حدود نیمی از سفرها مربوط به بخش عمومی است در حالی که هدف این سهم ۷۵ درصد است. بنابراین، به سبب عدم توسعه حمل و نقل عمومی در کشور، خودروهای سواری بنزینی که عمدتاً دارای مالکیت شخصی هستند، عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در بخش حمل و نقل جاده‌ای می‌باشند. در طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷ش، تعداد خودروهای شخصی از ۲/۳ میلیون به ۹/۵ میلیون دستگاه و خودروهای عمومی از ۱۰۱ هزار به ۳۵۴ هزار دستگاه رسیده است.

مطابق آمارهای ارائه شده در جدول (۲) تغییرات ساختاری مهم‌ترین عامل مؤثر در انتشار ترکیبات کربن در این بخش است. منفی بودن اثر ساختار در سال‌های ۸۲ تا ۸۶ به دلیل اجرای طرح‌هایی همچون گازسوز کردن خودروها، از رده خارج کردن خودروهای فرسوده و اجرای طرح سهمیه‌بندی بنزین است که این امر نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل کاهش انتشار در بخش حمل و نقل جاده‌ای نوسازی ناوگان حمل و نقل جاده‌ای و صرفه‌جویی‌های ناشی از مصرف سوخت در این بخش است.

بررسی اثرات تغییرات قیمتی در بخش حمل و نقل جاده‌ای نشان می‌دهد که پایین بودن شاخص‌های قیمت در این بخش، به علت ارائه سوخت ارزان قیمت، یکی از عوامل مؤثر بر افزایش سهم حمل و نقل جاده‌ای است به‌طوری که این عامل باعث رشد بالاتر حمل و نقل جاده‌ای از رشد هدف‌گذاری شده، شده است. به عنوان مثال در برنامه چهارم رشد جابه‌جایی کالا و مسافر برابر ۳/۹ و ۲ درصد پیش بینی شده بود که عملکرد آن ۵/۸ و ۴/۳ درصد بوده و این امر باعث افزایش انتشار ترکیبات کربن در بخش جاده‌ای است.

---

۱. نکته حایز اهمیت آن است که اگر به جای استفاده از گاز طبیعی همچنان رویه استفاده از بنزین ادامه داشت میزان انتشار دی‌اکسیدکربن بسیار بیشتر افزایش می یافت.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

۵-۲-۲. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن در زیربخش حمل و نقل ریلی

حمل و نقل ریلی به دلیل ظرفیت انبوه جابه‌جایی، ایمنی، مصرف بسیار کمتر انرژی در حمل بار و عوارض کمتر زیست‌محیطی و سازگاری با اهداف توسعه پایدار از جمله اولویت‌های کشور است. این بخش با وجود سهم ۶ درصدی در جابه‌جایی بار و مسافر سهم اندکی معادل ۰/۷۸ درصد را در مصرف انرژی دارد. در این بخش با توجه به آنکه فقط از یک نوع سوخت نفت گاز استفاده می‌شود و توانایی تفکیک شیوه حمل و نقل وجود ندارد، اثر شدت انتشار، اثر ساختار، اثر شدت انرژی، اثر مقیاس (جمعیت) و اثر قیمت آورده شده است.

جدول ۳. تجزیه انتشار دی‌اکسید کربن و منواکسیدکربن از بخش حمل و نقل ریلی در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۸

	اثر جمعیت		اثر ساختار		اثر شدت انرژی		اثر شدت انتشار		اثر قیمت	
	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
۱۳۷۸	-۸۰.۹	-۸.۴۴۷	-۱.۵۵۲	۰.۰۰۲	-۴.۵۴۰	-۰.۰۱۰	-۰.۰۴۶	۰.۰۰۰	۸	-۰.۰۰۶
۱۳۷۹	-۱۰۰.۱	-۱۳.۷۴	-۵.۰۴۰	-۰.۰۰۲	-۰.۰۰۵	-۰.۰۱۳	-۰.۰۴۳	-۰.۰۰۱	۶	-۰.۰۰۲
۱۳۸۰	-۱۱۲.۱	-۱۵.۸۶	-۵.۳۶۵	-۰.۰۰۱	-۰.۰۰۷	-۰.۰۲۰	-۰.۲۰۴	-۰.۰۰۱	۳۴	۰.۰۱۸
۱۳۸۱	-۸۱.۸۲	-۱۵.۳۰	-۸.۱۳۶	-۰.۰۰۲	-۰.۰۱۲	-۰.۰۳۳	-۰.۱۳۸	-۰.۰۰۱	-۲۱	-۰.۰۱۱
۱۳۸۲	-۱۷.۸	-۱۹.۴۲	-۱۰.۰۱	۰.۰۰۰	-۰.۰۲۱	-۰.۰۵۸	-۰.۰۳۵	۰.۰۰۰	۲۷	۰.۰۰۹
۱۳۸۳	۱۱۶.۷۲	۱۷.۴۶	-۱۳.۲۹	۰.۰۰۰	-۰.۰۲۵	-۰.۰۷۰	۰.۱۱۹	۰.۰۰۰	۱۱.۸	۰.۰۰۴
۱۳۸۴	۲۱۵.۶	۲۶.۸۷۵	-۱۵.۶۷	۰.۰۰۱	-۰.۰۳۶	-۰.۰۹۷	۰.۴۳۶	۰.۰۰۲	-۷۵.۹	۰.۰۰۶
۱۳۸۵	۴۰۰.۱	۴۰.۵۳۳	-۱۸.۹۶	۰.۰۰۱	-۰.۰۴۵	-۰.۱۲۴	۰.۷۶۹	۰.۰۰۳	۷۹.۳	۰.۰۲۹
۱۳۸۶	۶۶۴.۹	۶۸.۷۹۵	-۲۳.۲۲	۰.۰۰۴	-۰.۰۶۰	-۰.۱۴۳	-۰.۰۸۰	۰.۰۰۵	۹۶.۸	۰.۰۵۲
۱۳۸۷	۷۰۷.۵۹	۱۴۷.۲۹	-۲۵.۹۴	۰.۰۰۰	-۰.۰۸۴	-۰.۲۰۱	۰.۳۷۷	۰.۰۱۰	۶۰	۰.۰۹۰
۱۳۸۸	۹۷۵.۹	۱۶۴.۵۸	-۲۱.۵۳	-۰.۰۱۷	-۰.۱۲۱	-۰.۲۸۷	۰.۶۶۹	۰.۰۱۷	۳۶.۴	۰.۰۳۰
۱۳۸۹	۹۴۹.۲	۱۷۰۲.۲۳	-۱۴.۵۸	-۰.۰۳۶	-۰.۱۶۸	-۰.۳۹۹	۱.۴۵۴	۰.۰۲۷	۱۷۳	۰.۰۴۲
۱۳۹۰	۹۶۴.۳	۱۶۷.۷۶	-۱۱.۵۱	-۰.۷۶	-۰.۱۳۶	-۰.۴۲۱	۱.۸۸۸	-۰.۴۶۹	۶۹	۰.۰۶۷

مأخذ : محاسبات تحقیق

براساس جدول (۳)، اثر مقیاس به عنوان بررسی اثر افزایش ابعاد و جمعیت خدمات بخش حمل و نقل ریلی، مهم‌ترین اثر انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش است. توسعه این بخش یکی از پیش‌نیازهای توسعه کشور است و به استناد آمارهای ارائه شده با افزایش مقیاس و ابعاد فعالیت‌های این بخش، میزان مصرف انرژی و، به تبع آن انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش یافته است. همین عامل سبب مثبت شدن اثر مقیاس در دوره زمانی برای دی اکسید کربن شده است. اثر مقایس بر انتشار منواکسیدکربن نیز به این

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

منوال بوده است. این امر نشان می‌دهد که افزایش ابعاد بیشتر حمل و نقل ریلی به علت فرسوده بودن ناوگان ریلی بارزترین عامل انتشار ترکیبات کربن می‌اشد.

در بخش حمل و نقل ریلی، تغییرات ساختاری به سبب کاهش سهم این بخش در تولید ناخالص داخلی کل، دارای علامت منفی است. اما در تمام دوره مورد بررسی، با وجود نوسانات زیاد، وضعیت اقتصادی با توجه به حرکت کشور در مسیر توسعه، رو به بهبود است. در طی سال‌های مورد بررسی ارزش افزوده این بخش به دلیل حمایت‌های دولتی، جهت رفع نارسایی‌های موجود و جانشینی بخش حمل و نقل ریلی به جای حمل و نقل جاده‌ای در ترانزیت و حمل کالا، روند صعودی داشته است.

منفی بودن اثر شدت انرژی در این دوره بیانگر افزایش کارایی انرژی برای جابه‌جایی هر واحد بار یا مسافر، به واسطه بهبود تکنولوژی های مورد استفاده است. در این بخش از حمل و نقل اثر شدت انتشار با میزان اندک همواره منفی بوده و این امر نشان می‌دهد که در این بخش تغییر چندانی در استفاده از راهکارهای مختلف در جهت کارآمد نمودن بخش حمل و نقل انجام نشده است.

بررسی آثار تغییرات قیمت در بخش حمل و نقل ریلی بیان می‌دارد که قیمت‌گذاری تکلیفی دولت در این بخش‌ها به کاهش سودآوری فعالیت در این زیربخش و کاهش انگیزه سرمایه‌گذاری بالاخص برای بخش خصوصی، منجر شده است. در بخش حمل و نقل ریلی هرچند در طی فرآیند خصوصی-سازی، بسیاری از واگن‌ها به بخش خصوصی واگذار شده است، ولی این بخش کماکان از ریل و زیرساخت‌های شرکت راه‌آهن استفاده و هزینه استفاده از آن را باید به شرکت مذکور پرداخت نماید و به دلیل وجود قیمت‌های تکلیفی که موجب زیان‌آور بودن عملیات ریلی در کشور گردیده است، معمولاً این هزینه ها به درستی پرداخت نمی‌شود. همین امر موجب کاهش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و زیربناهای مورد نیاز بخش می گردد و به کاهش کارایی و افزایش انتشار ترکیبات کربن می‌انجامد.

۵-۲-۳. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن در زیربخش حمل و نقل هوایی

حمل و نقل هوایی از امور زیربنایی و یکی از اجزای مهم چرخه تولید به مصرف است. توسعه این بخش امکانات تازه‌ای را برای تقسیم کار ملی و بین‌المللی، توزیع ثروت، گردش پول و درآمد، افزایش تولید، کاهش هزینه ها به وجود می‌آورد[1]. این بخش با توجه به اثر شدت انتشار، اثر ساختار، اثر شدت انرژی، اثر مقیاس (جمعیت) و اثر قیمت بررسی شده است.

---

۱. صنایع و معادن تهران، ۱۳۸۸

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

جدول ۴. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن از بخش حمل و نقل هوایی در ۱۳۹۰-۱۳۷۸ شمسی

	اثر جمعیت		اثر ساختار		اثر شدت انرژی		اثر شدت انتشار		اثر قیمت	
	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
۱۳۷۸	۰.۰۹	۰.۰۰۲	-۰.۰۲	-۰.۰۰۳	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰۰۰	-۰.۰۲۵	۰.۰۰۹
۱۳۷۹	۰.۱۳	۰.۰۰۳	-۰.۰۱	-۰.۰۰۱	۰.۲۵	-۰.۰۰۰۵	۰.۰۲	-۰.۰۰۱	-۰.۰۲۶	۰.۰۰۲
۱۳۸۰	۰.۱۵	۰.۰۰۳	-۰.۰۱	-۰.۰۰۲	۰.۲۴	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۲۲	۰.۰۰۷
۱۳۸۱	۰.۰۹	۰.۰۰۲	-۰.۰۳	-۰.۰۰۱	۰.۶۱	۰.۰۰۱۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۱۰	۰.۰۰۱۴
۱۳۸۲	۰.۰۶	-۰.۰۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰۰۰	۰.۷۳	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۱۴	۰.۰۰۵
۱۳۸۳	۰.۰۱۸	۰.۰۰۳	۰.۰۴	۰-.۰۰۰	۰.۱۷۰	-۰.۰۰۳۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۱۷	۰.۰۰۷۴
۱۳۸۴	۰.۱۹	۰.۰۰۲	۰.۰۸	۰.۰۱	۰.۱۷۹	-۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۳	۰.۰۱۳	-۰.۰۰۹
۱۳۸۵	۰.۳۵	۰.۰۰۲	۰.۰۶	۰.۰۰۰۰	-۰.۱۴۹	-۰.۰۰۲۰	-۰.۰۰۱	۰.۰۰۷	۰.۰۱۹	۰.۰۰۲
۱۳۸۶	۰.۶۷	۰.۰۰۳	-۰.۰۳	۰.۰۰۰۰	-۰.۱۵۱	۰.۰۰۲۴	۰.۰۰۱	۰.۰۱۴	۰.۰۲۰	-۰.۰۰۵
۱۳۸۷	۰.۹۵	۰.۰۰۷	-۰.۱۷	۰.۰۰۰۰	-۰.۱۴۱	۰.۰۰۳۸	۰.۰۰۲	۰.۰۱۷	۰.۰۱۹	۰.۰۱۵
۱۳۸۸	۰.۱۴۷	۰.۰۰۴	-۰.۲۴	-۰.۰۰۰۱	-۰.۱۲۶	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۳	۰.۰۳۳	۰.۱۲۸	۰.۰۹۸
۱۳۸۹	۰.۱۳۷	۰.۰۰۱	-۰.۵۶	۰.۰۰۰۰	-۰.۹۰	-۰.۰۰۱۸	۰.۰۱۹	۰.۰۳۷	۰.۲۴۸	۰.۰۰۷
۱۳۹۰	۰.۲۵۱	۰.۰۰۱	-۰.۳۷	۰.۰۰۰۰	-۰.۱۲۱	-۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۵	۰.۰۵۹	۰.۰۰۳۴	۰.۰۰۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

در بخش حمل و نقل هوایی نیز فاکتور تأثیرگذار اصلی بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن اثر ساختاری است که بیانگر اهمیت سهم ارزش افزوده این بخش در طول دوره مورد بررسی است. مثبت بودن اثر مقیاس در طول دوره مورد بررسی، بیانگر افزایش اقتصادی این بخش است که نشان می دهد با افزایش وسعت ارائه خدمات در این حیطه، میزان مصرف انرژی و انتشار ترکیبات کربن روند افزایشی داشته است.

در سال شروع دوره ۱۳۷۸ش اثر شدت انرژی مثبت است که نشان‌دهنده بی توجهی به اهمیت کارآیی انرژی نسبت به سال پایه (۱۳۷۷) است. در سال‌های بعد موضوع افزایش کارآیی انرژی و کاهش مصرف انرژی مورد توجه مسئولان قرار گرفت ولی هنوز هم با توجه به آمار مربوط به مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن، این بخش به جایگاه و درجه اهمیت خود نرسیده است و نسبت به سایر بخش‌ها اثر کمتری دارد. از جمله مسائل مهم در حوزه کارآیی انرژی در بخش هوایی، عمر بالا و

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

استهلاک زیاد ناوگان هوایی سبب افزایش سهم مصرف سوخت و انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. به همین سبب، بهبود و ارتقاء کیفیت تجهیزات وتکنولوژی‌های به کارگرفته شده از عوامل مؤثر در کاهش مصرف سوخت و به واسطه آن کاهش میزان انتشار این بخش است. در بخش حمل و نقل هوایی اثر شدت انتشار مثبت، در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۸ نشان می‌دهد که با وجود کاهش مصرف انرژی به سبب عدم استفاده از سیستم‌های بهبود کیفیت سوخت و تکنولوژی‌های کاهش آلایندگی، میزان انتشار این بخش افزایش داشته است. البته این روند از سال ۱۳۸۶ به بعد بهبود یافته است.

درخصوص بررسی اثرات قیمتی حمل و نقل هوایی، باید خاطرنشان کرد که حمل و نقل هوایی، به ویژه در پروازهای خارجی، کالای لوکس تلقی شده و بیشتر مورد استفاده قشر پردرآمد و مرفه جامعه و از کشش قیمتی پایینی برخوردار است. از بزرگ‌ترین مشکلات بخش حمل و نقل هوایی کشور وجود قیمت‌های تکلیفی دولتی بوده که بر این اساس آزادسازی کامل نرخ حمل و نقل هوایی از سال سوم برنامه پنجم توسعه پیش‌بینی گردیده بود و در سال ۱۳۹۳ این آزادسازی انجام شده است. اثرات تغییر قیمت در این بخش نیز به دلیل قیمت تکلیفی کمتر از قیمت واقعی، اثر مثبت کمی بر انتشار ترکیبات کربن دارد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این مقاله در صدد شناخت عوامل مؤثر بر انتشار ترکیبات کربن در بخش حمل و نقل کشور به عنوان یکی از بخش‌های اصلی در زمینه مصرف سوخت‌های فسیلی، با استفاده از روش تجزیه عوامل مؤثر در سال‌های ۱۳۷۸تا ۱۳۹۰ است.

نتایج در بخش حمل و نقل، به عنوان یکی از بخش‌های مهم اقتصادی، نشان می‌دهد که اثر مقیاس (جمعیت) و فعالیت (رشد) اقتصادی دو عامل مهم در افزایش انتشار کربن در بخش حمل و نقل می‌باشند. بنابراین، افزایش ابعاد و وسعت خدمات حمل و نقل به مصرف بیشتر انرژی و انتشار منتج می‌شود. اثرات ساختاری نیز نشان می‌دهد که در سال‌هایی که نسبت ارزش افزوده بخش حمل و نقل بر تولید ناخالص داخلی روند افزایشی داشته، میزان انتشار ترکیبات کربن صعودی بوده است. اثر شدت انرژی در طی سال‌های مورد بررسی مؤثرترین اثر را در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته و نشان‌دهنده افزایش کارایی انرژی در بخش حمل و نقل است. تغییر در ترکیب سوختی و شیوهٔ حمل و نقل در سال‌های مختلف بیشترین تأثیر را بر کاهش انتشار منوکسیدکربن داشته است. اثر شدت انتشار سال‌های مختلف اثرات متفاوتی بر رشد انتشار نشان می‌دهد. در سال‌های ابتدایی که گاز طبیعی وارد

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

چرخه سوخت گردید، میزان انتشار کاهش یافته ولی پس از آن به سبب استفاده یکباره زیاد، اثر انتشار بر دی‌اکسیدکربن افزایش داشته است. اثر قیمتی نشان از آن دارد که قیمت پایین سوخت باعث افزایش میزان انتشار در ترکیبات کربن شده است.

در بخش حمل و نقل جاده‌ای اثر شدت انرژی و ساختار، به سبب به کارگیری سیاست‌های کشور، در مسیر صرفه‌جویی انرژی و افزایش کارایی انرژی در بخش حمل و نقل، از رده خارج کردن خودروهای فرسوده و اجرای طرح سهمیه‌بندی بنزین جاده‌ای بوده است. تغییرات در ترکیب سوخت در حمل و نقل جاده‌ای بر بر میزان انتشار منواکسیدکربن اثر بسیار کاهنده‌ای داشته اما بر انتشار دی-اکسیدکربن تأثیر چندانی نداشته است. اثرات شدت انتشار نیز از این روند تبعیت می‌کنند. اثرات تغییر در شیوه حمل و نقل و توسعه حمل و نقل عمومی مانند ایجاد مترو، در سال‌های مورد بررسی، به علت سهم اندک آن از حمل و نقل اثر چندانی بر کاهش انتشار ترکیبات کربن نداشته است. بررسی اثر تغییرات قیمتی در بخش حمل و نقل جاده‌ای نشان می‌دهد که پایین بودن شاخص‌های قیمت در این بخش، به علت ارائه سوخت ارزان قیمت، باعث رشد بیش از ظرفیت استفاده از این بخش شده که این امر به انتشار بیشتر ترکیبات کربن منجر شده است.

در بخش حمل و نقل ریلی اثر مقیاس به عنوان بررسی اثر افزایش ابعاد و جمعیت خدمات بخش حمل و نقل ریلی، مهم‌ترین اثر انتشار دی‌اکسیدکربن را در این بخش دارد. تغییرات ساختاری در این بخش به دلیل اینکه سهم این بخش در تولید ناخالص داخلی کل کاهش داشته، بر انتشار ترکیبات کربن کاهنده بوده است. اثرات تغییر قیمت نیز با توجه به تکلیفی بودن این نرخ برای بخش‌های دولتی و خصوصی باعث سلب انگیزه سرمایه‌گذاران در امور زیربنایی شده که فرسودگی زیربنایی و، به تبع آن، کاهش کارایی و افزایش انتشار ترکیبات را در پی دارد. در بخش ریلی اثر شدت انرژی و شدت انتشار به دلیل تغییرات اندک و اتخاذ رویه ثابت در این بخش، تأثیرات محسوسی نداشته است.

در بخش حمل و نقل هوایی اثر ساختاری و اثر مقیاس نشان می‌دهد با افزایش وسعت ارائه خدمات در این حیطه، میزان مصرف انرژی و انتشار ترکیبات کربن افزایش می‌یابد. اثر شدت انرژی مثبت در برخی از سال‌ها، در بخش هوایی، نشان از بی‌توجهی به کارایی انرژی دارد. در بخش حمل و نقل هوایی اثر شدت انتشار مثبت در برخی از سال‌ها نشان می‌دهد که با وجود کاهش مصرف انرژی به سبب استفاده نکردن از سیستم‌های بهبود کیفیت سوخت و تکنولوژی های کاهش آلایندگی، میزان انتشار این بخش افزایش داشته است. در بخش هوایی نیز تکلیفی بودن قیمت به افزایش انتشار می‌انجامد اما به سبب کشش قیمتی پایین‌تر در این بخش تأثیر کمتری مشاهده می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

با توجه به محاسبات این مطالعه در بررسی تحلیل تجزیه‌ای انتشار در بخش حمل و نقل و زیربخش‌ها می‌توان بیان داشت که اثر مقیاس و رشد اقتصادی مهم‌ترین عامل مؤثر در میزان انتشار ترکیبات کربن است که این نتایج مطابق نتایج به دست آمده در کشورهای در حال توسعه، بیانگر نقش پررنگ تغییر در توسعه زیربخش‌ها و ساختار بخش‌های اقتصادی حمل و نقل در کاهش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن است. در مقابل، بررسی اثر شدت انرژی (کارایی انرژی) نشان می‌دهد این بخش می-تواند بیشترین تأثیر را بر کاهش انتشار ترکیبات کربن داشته باشد. به‌طورکلی چالش‌های انتشار ترکیبات کربن در بخش حمل و نقل را می‌توان در موارد زیر اشاره نمود:

- مدیریت ضعیف استفاده از زیرساخت‌ها و منابع حوزه حمل و نقل

- کمبود امکانات زیربنایی و زیرساختی در بخش حمل و نقل در اثر رشد مقیاس و فعالیت، به دلیل آنکه بیشترین اثر افزایش انتشار ترکیبات کربن در بخش حمل و نقل به اثر رشد اقتصادی و جمعیت بازمی‌گردد.

- استهلاک شدید زیرساخت های بخش حمل و نقل کشور به علت فرسودگی و عمر بالای زیربناها و کمبود و فرسودگی ناوگان حمل و نقل کشور، به‌خصوص در بخش بار جاده‌ای، بخش هوایی و ریلی. به‌طورمثال در پایان سال ۱۳۹۲، عمر ناوگان حمل و نقل بار جاده‌ای، اتوبوس، مینی بوس و سواری به ترتیب به ۱۷/۴، ۲۵/۶،۱۳ و ۸/۵ سال رسیده است که این امر باعث می‌گردد که اثرات رشد اقتصادی و مقیاس در انتشار دی اکسید کربن پررنگ شود.

-پایین بودن میزان بهره‌وری از ناوگان و زیرساخت‌های موجود به علت گسترش نیافتن استفاده از فناوری و روش‌های نوین و هوشمند و پایین بودن سرعت تبادل اطلاعات، در مقایسه با سایر کشورها که این امر باعث شده است اثر کاهنده شدت (کارایی) انرژی در بخش حمل و نقل از اثرات فزاینده رشد اقتصادی و جمعیت کمتر باشد.

- پایین بودن قیمت سوخت و، به تبع آن، قیمت تمام شده پایین در بخش حمل و نقل و استفاده فراوان از ظرفیت حمل و نقل جاده‌ای کالا و مسافر.

-وجود قیمت‌های تکلیفی و غیررقابتی در زیربخش‌های ریلی و هوایی که به زیانده بودن فعالیت‌ها در این بخش‌ها منجر می‌گردد. قیمت‌گذاری دولت در حوزه حمل و نقل انگیزه بخش خصوصی را برای ورود و سرمایه‌گذاری در این بخش از بین می‌برد و موجب می‌شود تا توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل به سرمایه‌گذاری دولت وابسته‌تر شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

- گستردگی پدیده خودمالکی ناوگان جاده‌ای (خودرو خصوصی) و ناکافی بودن شرکت‌های توانمند حمل و نقل جاده‌ای.

- ترکیب نامناسب بخش حمل و نقل در زیربخش‌ها و پرهزینه بودن ساختار حمل و نقل کشور به‌طوری که اکثریت سهم جابه‌جایی بار و مسافر بر عهده حمل و نقل جاده‌ای است. در حالی که میزان مصرف سوخت در این بخش بسیار بالا و فرسودگی ناوگان جاده‌ای کشور نیز موجب افزایش مضاعف مصرف سوخت شده است. همچنین، استفاده از این روش و نیز ناامن بودن جاده‌های کشور موجب افزایش تصادفات جاده‌ای و تلفات جانی و مالی گردیده که هزینه‌های آن بر اقتصاد کشور تحمیل می‌گردد.

- حمل ونقل ریلی کم آلاینده ترین نوع حمل ونقل است. به طوری که بین ۱۰ تا ۸۵ درصد کمتر از دیگر انواع حمل و نقل، سوخت مصرف می‌کند. همچنین، جابه‌جایی مسافر و بار در هر تردد قطار بسیار بیشتر از انواع دیگر حمل ونقل می‌باشد. حمل ونقل ریلی ۷۰۰ برابر امن‌تر از حمل ونقل جاده‌ای و ۲۰۰ برابر امن‌تر از حمل ونقل هوایی است (فروزنده، ۱۳۸۸). . با این نفاسیر بخش حمل و نقل ریلی به‌رغم مزایای بسیار مصرف سوخت پایین، آلایندگی اندک برای محیط زیست و ایمنی و رفاه بالا، با وجود تأکید بسیار در برنامه‌های توسعه و سایر اسناد بالادستی بر توسعه این بخش، نتوانسته جایگاه شایسته خود را در ترکیب حمل و نقل کشور پیدا نماید.

بنابراین، برای کاهش انتشار حاصل از این بخش پیشنهادات ذیل به سیاست‌گذاران ارائه می‌شود:

- ایجاد مشوق و محرک افزایش کارایی وسایل نقلیه و امکانات زیربنایی در تمامی زیربخش‌های حمل و نقل به دلیل تأثیر تغییرات شدت انرژی بر کاهش انتشار کربن.

- ارتقاء کیفیت و عملکرد ناوگان خودروی عمومی ایران و اعمال سیاست‌های تشویقی برای استفاده بیشتر از وسایل حمل و نقل عمومی به جای خودروی شخصی.

- استفاده از وسایل نقلیه با انتشار کمتر و سیاست‌هایی که محرک استفاده از سوخت‌های کربن پایین‌تر (برق و سوخت‌های زیستی) و بهبود کیفیت انواع سوخت‌های قابل عرضه در کشور با توجه به تأثیر ترکیب سوختی بر کاهش انتشار.

- ایجاد سیاست‌های تشویقی برای حضور بخش خصوصی در توسعه زیربخش‌های حمل و نقل و ایجاد تلفیق منابع دولتی- خصوصی جهت توسعه طرح‌های زیربنایی است.

- بهینه‌سازی زیرساخت‌های استراتژیک و تقویت حمل و نقل چندوجهی و هماهنگی و تنظیم روش‌های

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

ترکیبی حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، دریایی و هوایی، بالاخص معطوف شدن حمل و نقل جاده‌ای به سمت ریلی.

تعامل این سیاست‌ها سبب‌ساز کاهش میزان تخریب محیط زیست و حامی امنیت عرضه داخلی سوخت است که در مواردی توسط عواملی، از جمله رخدادهای طبیعی و یا تغییر سیاست‌های خارجی کشور، تهدید می‌شود. با مشارکت کلیه طرف‌های ذی‌نفع (تولیدکنندگان خودرو، مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان سوخت) می‌توان به میزان چشمگیری از میزان انتشار این بخش کاست.

منابع

اتاق بازرگانی، صنایع و معادن تهران (۱۳۸۸)، *اصلاح الگوی مصرف در بخش حمل و نقل (برون شهری)*، کمیسیون حمل و نقل، ترانزیت و امور گمرکی.

احدی، م (۱۳۸۲)، *تحلیلی برانتشار گازهای گلخانه‌ای از زیربخش‌های مختلف کشور*، مرکز تحقیقات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی آب و هوا.

الیوت، دیوید (۱۳۸۴)، *انرژی، جامعه و محیط زیست*، ترجمه بهرام معلمی، تهران: انتشارات کمیته ملی توسعه پایدار.

امین‌زاده، علی (۱۳۸۸)، "جمع‌آوری گاز دی‌اکسیدکربن چرا و چگونه؟"، *مجله اکتشاف و تولید*، شماره ۶۵، صص ۷۳-۶۸.

باصری، بیژن و همکاران (تابستان ۱۳۸۹)،"بررسی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزاسازی انرژی (مطالعه موردی شرکت پگاه فارس، تهران و اصفهان"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ۷، شماره ۲۵، صص ۱۴۱-۱۱۳.

پیرس، دیوید؛ وارفورد، جرمی (۱۳۷۷)، *دنیای بیکران اقتصاد، محیط زیست و توسعه پایدار*، ترجمه عوض کوچکی و همکاران، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۲۳۶.

خلیلی عراقی، سیدمنصور؛ شرزه‌ای، غلامعلی؛ برخورداری، سجاد (۱۳۹۱)،"تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران"، *محیط شناسی*، دوره ۳۸، شماره ۶۱، صص ۱۰۴-۹۳.

رحیمی، نسترن و بختیار، محسن (تابستان ۱۳۸۵)، "پروتکل کیوتو،رهیافت و چالش‌ها" *علوم تکنولوژی محیط زیست*، شماره ۲۹، صص ۹۳-۷۹.

زارعی، علی‌اکبر و همکاران (۱۳۸۹)، "محیط زیست و توسعه تجارت بین‌المللی و تغییرات اقلیمی جنبه‌های اقتصادی، قانونی و سازمانی"، تهران انتشارات جهاد دانشگاهی.

سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای (سال‌های مختلف)، دفتر فناوری اطلاعات، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت (۱۳۸۸)، *اطلاعات حمل ونقل و انرژی کشور* (۱۳۹۰ - ۱۳۸۶)، تهران: لوح نگار.

فروزنده، کاظم(۱۳۸۸)، "مقایسه اثرات زیست محیطی حمل ونقل ریلی و جاده‌ای"، *مجله راه ابریشم*، صص ۴۹ -۴۶ (نخستین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، ۱۳۸۶، دانشگاه تهران.

فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۹۰)، "تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش‌های اقتصادی ایران؛ یک تحلیل تجزیه‌ای شاخص"، *فصلنامه مطالعات انرژی*،سال ۸، شماره ۲۷، صص ۷۳-۴۹.

فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۹۱)،"تجزیهٔ دی‌اکسیدکربن منتشرهٔ بخش حمل و نقل"، *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی*، دوره ۲، شماره ۶، صص ۶۴-۸۳.

فطرس، محمدحسن و براتی، جواد(۱۳۸۹)، "تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران"، *فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، دوره ۱، شماره ۱۳۵، صص ۱۵۴- ۱۳۵.

گزارشات عملکرد نوسازی ناوگان‌های حمل و نقل (سال‌های مختلف)، معاونت نوسازی ناوگان وزارت راه و شهرسازی.

لطفعلی‌پور، محمدرضا و آشنا، ملیحه (بهار ۱۳۸۹)، "بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران"، *فصلنامه مطالعات انرژی*، سال ۷، شماره ۲۴، صص ۱۴۵-۱۲۱.

وزارت نیرو، معاونت امور انرژی (۱۳۹۰-۱۳۷۶)، *ترازنامهٔ انرژی*.

B. W. Ang (2005), "The LMDI approach to decomposition analysis: a partical guide", *Energy policy*, pp. 33867-871.

Boyd, G.A.; Hanson, D. A. & Sterner, T. (1988), "Decomposition of Changes in EnergyIntensity — A Comparison of the Divisia Index and Other Methods", *EnergyEconomics*, Vol. 10(4), pp. 309–12.

Diakoulaki, D.; Mavrotas, G.; Orkopoulos, D. & Papayannakis, L. (2006), "A Bottom-Up Decomposition Analysis of Energy-Related CO2 Emissions in Greece", *Energy*, Vol. 31, pp. 2638–2651.

EtemKarkaya & Mustafa, ŏkZÇAG (2005), "Driving Forces of C02 Emissions In Central Asia: A Decomposition Analysis of Air Pollution From Fossil Fuel Combustion", *Arid Ecosystem Journal*, Vol. 11, No. 26-27, pp. 49-57.

Giang, I. & Ichinohe, M. (2011), ”Analytical analysis of carbon dioxide emissions from passenger cars in Japan in the transport sector”, *Applied Energy*, Vol. 98, Is. 10, pp. 1047–1061.

Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991), "Environmental impacts of a North Amercian freetrade agreement", *National Bureau of Economic Research*, Cambridge: Working paper No.3914.

Hatzigergiou, E.; Haralambopoulos, D. (2008), “CO2 emission in greece for 1990-2002: a decomposition analysis”, *Energy*, Vol. 33, pp. 492-499.

Hongqi Lia; Yue Lua; Jun Zhangb & Tianyi Wanga (2013),” Trends in road freight transportation carbon dioxide emissions and policies in China”, *Energy Policy*, Vol. 57, pp. 99–106.

International Energy Agency (2007), World Energy Outlook.

International Energy Agency (2013),”CO2 Emission from fuel combustion Highlight”.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]

lise, Wietze (2006), **"**Decomposition of CO2 emission over 1980-2003 in turkey", *Energy Policy*, Vol. 34, Issue 14, pp. 1841–1852.

Lu, I. J.; Lin, S. J. & Lewis, C. (2007), "Decomposition and Decoupling Effects of Carbon Dioxide Emission from Highway Transportation in Taiwan, Germany, Japan and South Korea", *Energy Policy*, Vol. 35 (6), pp. 3226–3235.

Paul, S. & Bhattacharya, R.N. (2004), "CO2 emission for energy use in India", *Energy Economic*, Vol. 25, pp. 39-64.

Perman, Roger at el, (1999), *Natural Resource and Environmental Economics*, Second Edition, prenticeHall.

RobainaAlves, M. & Moutinho, V. (2013), "Carbon dioxide emissions intensity of Portuguese industry and energy sectors: A convergence analysis and econometric approach", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *12/2014*, 40, 438–449. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.169

Shahiduzzaman, M. D. & Khorshed, Alam (2012), *Changes in energy efficiency in Australia:Adecomposition of aggregate energy intensity using Logarithmic Mean Divisia approach*, MPRA Paper, Germany: University Library of Munich.

Tunc, G.I. & Akbostanci, E. (2009), "A decomposition analysis of CO2 emission from energy use: Turkish case", *Energt policy*, Vol. 37, pp. 4689-4699.

Zhang, M.; Mu, H. & Ning, Y. (2009), "accounting for energy related CO2 emission in china (1991-2006)", *Energy policy*, Vol. 37, pp. 767-773.

Zhang,M.; Mu, H. & Ning, Y. (2009), "decomposition of energy related CO2 emission in china(1991-2006)", *Ecological economic*, Vol.68, pp. 2122-2128.

[Downloaded from qjerp.ir on 2025-11-01]