

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

علی اکبر ناجی میدانی

استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

naji@um.ac.ir

آزاده داوودی

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 اکسید کربن 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 ۹۰-۱۳۷۸، 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 در افزایش 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.

## ۱. مقدمه

امروزه انرژی به عنوان یکی از نهادهای 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 و نقل 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<sup>۱</sup> IPCC 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 طولانی مدت 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 مبنای 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 آلدگی محیط زیست در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی و شتاب در جهت به پایان بردن این منابع رو به رو کرده است. در حال حاضر، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای 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 در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه یافته، سرعت بیشتری گرفته است. کشور ایران نیز به استناد آمار ارائه شده از سوی آژانس بین‌المللی انرژی، از این‌منظور 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.

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 بر جای 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 ۲۰۲۰، 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، به طوری که در سال ۱۳۹۰، حدود ۹۷/۱ درصد از انتشار منوکسیدکربن و ۲۳/۱ درصد از دی‌اکسیدکربن 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 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

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 ۱۹۷۴-۷۳ 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 اکسید کربن به طور گسترده در سطوح مختلف - بین کشوری، در سطح کشوری، بین بخش و زیربخش‌های اقتصادی و در صنایع خاص - به کار 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 متدالو در تحلیل تقاضای انرژی و زیست محیطی است.

به طور 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) و تجزیه تحلیل ساختاری (SDI) 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 به کارگیری 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 به کارگیری، با توجه به گستردگی اطلاعات جداول قابلیت تعیین نتایج به کل اقتصاد را دارد.

- 
1. Index Decomposition Analysis
  2. Structural Decomposition Analysis

- روش IDA بیشتر مورد استفاده محققانی است که قصد دارند در کم 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 بین این دو روش وجود دارد. هوئکسترا و وندنبرگ<sup>۱</sup> (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 (جمع پذیر و ضرب پذیر) است ولی در مورد روش SDA اینگونه نیست و تنها شاخص مطلق و روش جمع پذیر قابل محاسبه است.<sup>۲</sup> این تقسیم‌بندی را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

۱. تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)

۲. تحلیل تجزیه‌ای شاخص (IDA)

۱-۱. روش IDA بر پایه شاخص لاسپیرز<sup>۳</sup>

۱-۲. روش IDA بر پایه شاخص دیویژیا<sup>۴</sup>

۲-۱. AMDI<sup>۵</sup>

۲-۲. LMDI<sup>۶</sup>

اگر عدد صفر در بین داده نباشد استفاده از روش دیویژیا ارجحیت دارد. رویکرد تجزیه 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. Laspeyres IDA
  4. Divisia IDA
  5. Arithmetic Mean Divisia Index
  6. Logarithmic Mean Divisia Index

LMDI بر مبنای نظری شاخص دیویژیا ابداع شده است. با توجه به موارد فوق الذکر، آنگک (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 روش‌شناسختی 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 تجربه 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 اکسید کربن: شاخصی است که نرخ انتشار دی اکسید کربن به ازای مصرف هر واحد انرژی را مشخص می‌کند که برای ارزیابی کیفیت سوخت‌ها، جانشینی سوخت‌ها و به-کارگیری 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.

در خصوص تحلیل تجزیه‌ای انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل مطالعاتی انجام شده است که می‌توان به مواردی مانند تیمیلسینا و شرستا<sup>۱</sup> (۲۰۰۹)، کویبورگ و فوسجرو<sup>۲</sup> (۲۰۰۷)، لو، لین و لوییس<sup>۳</sup> (۲۰۰۷)، وو، کانکو و ماتسوکا<sup>۴</sup> (۲۰۰۵)، شپر، ماری-لیلو و گورهام<sup>۵</sup> (۲۰۰۰)، شپر، 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

پرایس<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) و جز اینها اشاره کرد که در این بررسی‌ها براساس مبانی نظری شاخص‌های تحلیل تجزیه‌ای به بررسی 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 موئیهو (۲۰۱۳)، در مقاله خود با عنوان "تجزیه و تحلیل شدت انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی پرتغال در دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۰۹"، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل کامل، شدت انتشار گاز دی اکسیدکربن 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 دی اکسیدکربن 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 دی اکسیدکربن و سهم سوخت‌های فسیلی در کل 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 "تغيرات 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 ۱۹۷۸-۲۰۰۹ 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 ۱۹۹۱-۲۰۰۶، 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

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 ۱۹۷۰–۲۰۰۶ م 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 ۱۹۹۰–۲۰۰۲ م 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 دی‌اکسیدکربن بوده است.

لیزه (۲۰۰۶)، در مطالعه خود با عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن کشور ترکیه"، انتشار دی‌اکسیدکربن را طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۳ م، 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 بخش‌های است. 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 ۱۹۸۵–۲۰۰۷ م بررسی کرده‌اند. در این برآورد تأثیرگذاری ضریب انتشار، سهم حمل و نقل جاده‌ای، موجودی خودروها، تمرکز بازار، طول حمل و نقل جاده‌ای، سطح

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 مقاله "تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار دی‌اکسیدکربن اتومبیل‌های مسافربری ژاپن در بخش حمل و نقل"، با استفاده از روش میانگین لگاریتمی شاخص دی‌یویژیا، 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، استراتژی‌هایی مانند محدود کردن استفاده از اتومبیل شخصی و ترویج حمل و نقل عمومی، به عنوان راه حل، ارائه شده است.

تیمیلسینا و شرستا (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای عوامل رشد دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل را در ۱۲ کشور آسیایی، برای دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۵ م، بررسی نموده و نتایج دال بر آن بوده است که تغییرات در تولید ناخالص سرانه، رشد جمعیت و شدت انرژی بخش حمل و نقل مهم‌ترین عامل انتشار کربن در بخش حمل و نقل بوده و در کشورهای پر جمعیتی 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 ۱۹۸۰-۲۰۰۵ محاسبه شده است که نشان می‌دهد رشد اقتصادی و تغییر در رشد انرژی، در بخش حمل و نقل، عامل اصلی رشد انتشار دی‌اکسیدکربن بوده است. در این بین اثر رشد اقتصادی در کشورهایی مانند آرژانتین، بزریل 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 (۱۹۹۰-۲۰۰۵) 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 وسیله نقلیه، شدت جمعیت و رشد اقتصادی را بر انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از وسایط نقلیه در کشورهای آلمان، ژاپن، کره جنوبی و تایوان در سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۲ م، محاسبه نموده‌اند که نتایج آنها نشان داد که رشد سریع

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 ساله ۱۳۸۳-۱۳۷۸ش، 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 ۱۳۸۳-۱۳۸۷ش، داشته است. همچنین، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که شدت کربن سوخت‌های 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.

فطروس و براتی (۱۳۹۰)، در مقاله "تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش‌های اقتصادی ایران، یک تحلیل تجزیه شاخص"، چهار عامل اثرگذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن یعنی، فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری، ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن و شدت انرژی را با بهره‌گیری از تحلیل تجزیه شاخص (IDA)، در سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۶ 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 نسبتاً بزرگ بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش خانگی - عمومی داشته است. اثر تغییر در ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن نیز بجز در بخش‌های نیروگاهی، پالایشگاهی و مانند آنها، در چهار بخش دیگر اقتصادی، کوچک بوده است. همچنین، در مطالعه دیگری فطروس و براتی (۱۳۹۱) عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از

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 مقاله "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 دی‌اکسیدکربن قرار دارند. تغییر در ترکیب سوختی بیشترین اثر را بر افزایش شاخص انتشار دی‌اکسیدکربن، 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.

لطفعی‌پور و آشنا (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی با عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران" عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی را برای بخش‌های اصلی اقتصاد، طی دوره ۱۳۷۳-۱۳۸۶ش، با استفاده مدل تجزیه‌ای کامل مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق ثابت کرد که در تحلیل کلی مهم‌ترین عامل افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن 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. معروفی 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

و ارزش افزوده زیربخش‌های بخش حمل و نقل از جداول ستانده رشته فعالیت‌های اقتصادی کشور، در دوره ۱۳۹۰-۱۳۷۷ اش 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 سوتی و روش حمل و نقل از داده‌های کتاب حمل و نقل، منتشر شده از سوی سازمان بهینه‌سازی مصرف سوت، 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 می‌شود به همین سبب قابلیت اعتماد و صحت مدل افزایش می‌یابد. نوآوری اساسی این روش آن است که جمله خطای مطابق اصل توزیع برابر تقسیم می‌کند (لطفعی پور و آشنا، ۱۳۸۹). علت دیگر این است که این مدل نیازمند داده‌هایی 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 CO<sub>2</sub> و CO بخش حمل و نقل، در دوره زمانی ۱۳۷۸-۱۳۹۰ اش 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.

#### ۲-۴. 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.<sup>1</sup> گرومن و گروگر (۱۹۹۱) اولین کسانی بودند که تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن را به اثرات مقیاس، ساختار و تکنولوژی 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 جواب‌های 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 CO<sub>2</sub> emission over 1980-2003 in turkey”. *nota di lavoro, fondazione eni enrico Matti*, No.24.

$$EM = \frac{EM}{GDP} \cdot GDP \quad (1)$$

در معادله (۲) تغییرات هریک از این متغیرها نیز وارد شده است و علامت  $\Delta$  نشان‌دهنده تغییرات است. یک تغییر در انتشار دی اکسیدکربن می‌تواند به تغییرات انتشار دی اکسیدکربن، 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.

$$\Delta EM = GDP \cdot \frac{\Delta EM}{GDP} + \frac{EM}{GDP} \Delta GDP \quad (2)$$

در معادله (۲) انتشار دی اکسیدکربن به دو اثر مقیاس (تغییرات در تولید ناخالص داخلی) و اثر شدت انتشار (تغییرات در انتشار به ازای هر واحد تولید ناخالص داخلی) تقسیم شده است. وجود جمله  $\frac{EM}{GDP} \times \Delta GDP$  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<sup>۱</sup> تحلیل تجزیه‌ای کامل را پیشنهاد کرد که جمله خطا بین اثرات مطرح شده توزیع می‌شود که وجود کسرهای  $\frac{1}{2}$  بیانگر توزیع مساوی این جمله پسماند بین اثرات شدت انتشار و مقیاس است.

$$\begin{aligned} \Delta EM &= GDP \cdot \frac{\Delta EM}{GDP} + (1/2) \cdot \frac{EM}{GDP} \Delta GDP + \frac{EM}{GDP} \Delta GDP + (1/2) \cdot \frac{\Delta EM}{GDP} \Delta GDP \\ (3-1) &= GDP \cdot \frac{\Delta EM}{GDP} + (1/2) \cdot \frac{\Delta EM}{GDP} \Delta GDP \\ (3-2) &= \frac{EM}{GDP} \Delta GDP + (1/2) \cdot \frac{\Delta EM}{GDP} \Delta GDP \end{aligned} \quad (3)$$

در معادل فوق (۳-۱) اثر شدت انتشار و (۳-۲) اثر مقیاس است. با توجه با اصل معرفی شده در مطالعه "سان"، می‌توان جهت تجزیه سطح انتشار CO<sub>2</sub> به اثرات بیشتر این اصل را بسط داد. معادله (۴) که در ذیل آمده بیانگر استفاده از مدل بسط یافته سان جهت تجزیه اثر متغیرهای توضیحی بیشتر است.

برای توضیح تغییرات در انتشار CO<sub>2</sub> 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.

$$\frac{CO2}{Population} = \frac{GDP}{Population} \sum \frac{addedvalue}{GDP} \cdot \frac{Energyuse}{addedvalue} \cdot \frac{CO2}{Energyuse}$$

$$= p \sum G_i I_i E_i$$

$$(4-1) = \frac{GDP}{Population} \quad (4-2) = \sum \frac{addedvalue}{GDP} \quad (4)$$

$$(4-3) = \frac{Energyuse}{addedvalue} \quad (4-4) = \frac{CO2}{Energyuse}$$

در معادله (۴)، (۴-۱) اثر شدت انتشار، (۴-۲) اثر مقیاس، (۴-۳) 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 i، میزان مصرف انرژی برای تولید هر واحد ارزش افزوده I<sub>i</sub> و میزان انتشار CO<sub>2</sub> به ازای مصرف هر واحد انرژی E<sub>i</sub> است. می-

توان در این معادله تغییرات را لحاظ و معادله (۵) را بازنویسی نمود. در این معادله (ΔE, ΔI, ΔG, ΔP) این 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.

$$(5-1) = P \sum_i \left\{ G_i I_i E_i + \frac{1}{2} (G_i I_i E_i + G_i I_i E_i + G_i I_i E_i) \right\} + P \sum_i \left\{ \frac{1}{3} (G_i I_i E_i + G_i I_i E_i + G_i I_i E_i) + \frac{1}{4} (G_i I_i E_i) \right\}$$

$$(5-2) = \sum_i E_i \left\{ P_i I_i E_i + \frac{1}{2} (P_i I_i E_i + P_i I_i E_i + P_i I_i E_i) \right\} + \sum_i E_i \left\{ \frac{1}{3} (P_i I_i E_i + P_i I_i E_i + P_i I_i E_i) + \frac{1}{4} (P_i I_i E_i) \right\}$$

$$(5-3) = \sum_i I_i \left\{ P_i G_i E_i + \frac{1}{2} (P_i G_i E_i + P_i G_i E_i + P_i G_i E_i) \right\} + \sum_i I_i \left\{ \frac{1}{3} (P_i G_i E_i + P_i G_i E_i + P_i G_i E_i) + \frac{1}{4} (P_i G_i E_i) \right\}$$

$$(5-4) = \sum_i E_i \left\{ P_i G_i I_i + \frac{1}{2} (P_i G_i I_i + P_i G_i I_i + P_i G_i I_i) \right\} + \sum_i E_i \left\{ \frac{1}{3} (P_i G_i I_i + P_i G_i I_i + P_i G_i I_i) + \frac{1}{4} (P_i G_i I_i) \right\}$$

(۵)

در معادله فوق، محاسبه معادلات تجزیه‌ای به ترتیب (۱-۵) اثر شدت انتشار، (۵-۲) اثر مقیاس، (۵-۳) اثر شدت انرژی و (۵-۴) اثر شدت انتشار است. معادله (۵) نشان می‌دهد که برای مثال در زمان محاسبه اثر مقیاس، لازم است به تفاوت وزن  $p(\Delta p)$  در برابر سایر فاکتورهای شاخص برابری کایا توجه شود. هرچند که در مرحله اول جمله خطابی می‌ماند ولی در مراحل بعد طبق اصل «مشترکاً ایجاد و مساوی تقسیم می‌شود» جمله خطابی می‌رود و وجود کسرهای  $\frac{1}{3}$  و  $\frac{1}{4}$  گویای همین امر است (زنگ، 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، تعیین کننده بحرانی از تخرب 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 تعیین کننده 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، از جمله 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 آلدگی کمتر کاربرد دارد. منفی بودن این اثر نشان می‌دهد که ترکیب سوخت در کشور به سمت استفاده از سوخت‌هایی با آلاینده‌گی کمتر یا سوخت‌های پاک رفته است یا بالعکس بخش مورد نظر در تأمین انرژی سوخت‌هایی با آلاینده‌گی 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 تولید کننده CO<sub>2</sub> در کشور افزایش یافه است.<sup>۱</sup>

با توجه به موارد بیان شده، انتشار ترکیبات کربن به عوامل مستقیم (ترکیب سوختی، روش حمل و نقل، تغییرات شدت انرژی (کارایی انرژی و قیمت سوخت) و غیرمستقیم (رشد جمعیت و رشد اقتصادی) تجربیه 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)

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

$$\frac{CO2}{Population} = \frac{GDP}{Population} \sum \frac{addedvalue}{GDPn} \cdot \frac{CPI_t}{CPI_{ij}} \cdot \frac{CF_t}{addedvalue} \cdot \frac{CF_{jt}}{CF_t} \cdot \frac{CF_{ijt}}{CF_{jt}} \cdot \frac{CO2_{ijt}}{CF_{ijt}} \quad (6)$$

در تحلیل تجزیه‌ای معادله (۶) انتشار دی‌اکسیدکربن به عوامل نوع سوخت (بنزین، نفت گاز، 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 بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد. بنابراین متغیرهای معادله (۶) به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$CF_{ijt}$ : مصرف سوخت آتوسط بخش زحمل و نقل

$CF_t$ : کل مصرف سوخت در بخش زحمل 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

بررسی شود:

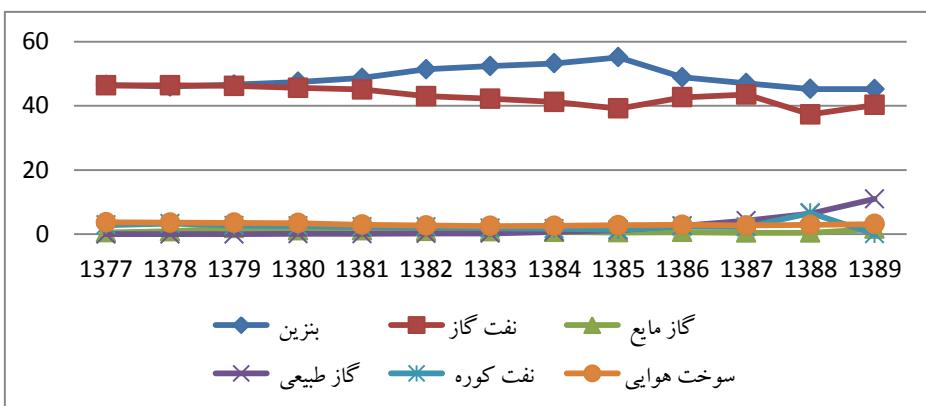
$$\frac{CO2}{Population} = P_i \sum G_{ij} CPI_{ij} I_{ij} MM_{ij} MF_{ij} E_{ij} \quad (7)$$

در معادله فوق  $P_i$  اثر مقیاس،  $G_{ij}$  اثر تغییرات ساختاری،  $CPI$  تغییرات شاخص قیمت،  $I_{ij}$  اثرات تغییرات شدت انرژی،  $MM_{ij}$  اثر مربوط به شیوه حمل و نقل و  $MF$  ترکیب سوختی در بخش حمل و نقل (سهم سوخت در زیربخش حمل و نقل) و  $E_{ij}$  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.

### ۳-۴. بررسی داده‌ها

#### ۳-۴-۱. ترکیب سوختی در بخش حمل و نقل

روند سهم هریک از سوخت‌های سنگواره‌ای مورد استفاده در بخش حمل و نقل به تعکیک بنزین، نفت گاز، گاز مایع، گاز طبیعی، نفت کوره، سوخت هوایی در سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۰ اش، 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 ۱۳۸۵ اش 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 ۱۳۸۵-۱۳۹۰ 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 دارد. 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.



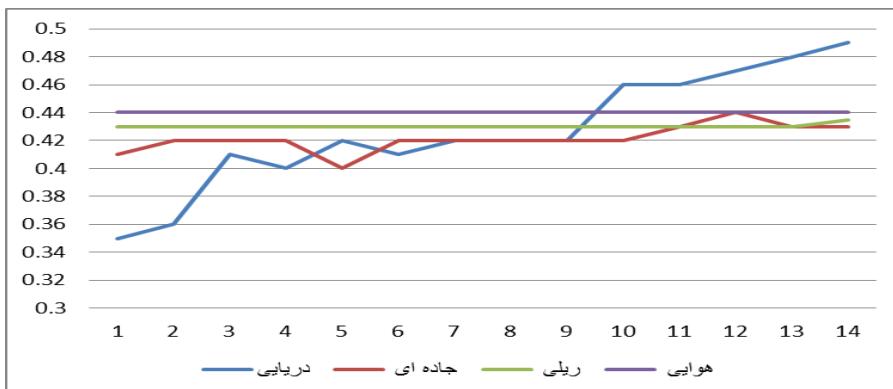
نمودار ۱. ترکیب سوختی بر حسب مصرف انرژی در بخش حمل و نقل (میلیون بشکه معادل نفت خام در ۱۳۷۷-۱۳۹۰ اش)

مأخذ: تراز نامه انرژی و اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور

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

شدت انتشار که سهم انتشار دی‌اکسیدکربن از مصرف انرژی 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 ۱۳۷۷-۱۳۹۰ اش، روند ثابتی را گذراند.

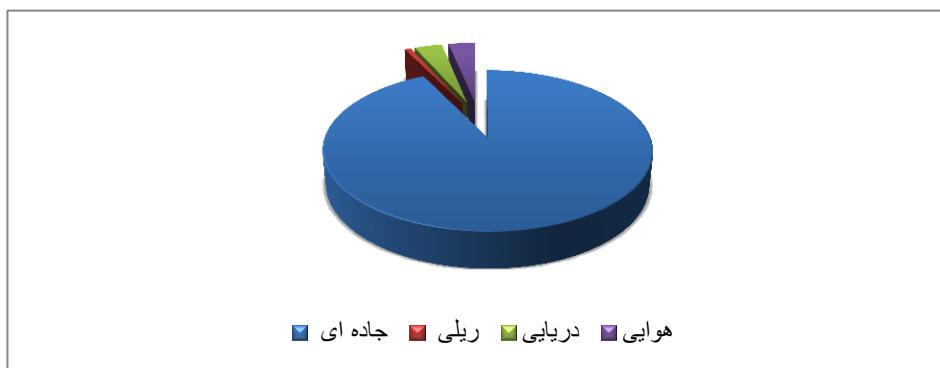
است. علت نوسانات در بخش جاده‌ای و دریابی به تغییر نوع سوخت در این بخش‌ها بازمی‌گردد. در بخش جاده‌ای از سال ۱۳۸۱ش، گاز طبیعی به عنوان سوخت مصرفی در حمل و نقل وارد گردید و در سال ۱۳۸۷، گازسوز کردن خودروها روند صعودی داشته است. از آنجایی که گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی سوخت پاک به شمار می‌رود 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 دریابی 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 ۱۳۷۷-۱۳۹۰

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

میزان انتشار دی-اکسیدکربن در بخش حمل و نقل طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۰، حدود ۲/۵ برابر شده و از ۰/۴۵ میلیون تن به ۰/۴۲۶ میلیون تن رسیده است که این امر نشان از رشد متوسطی حدود ۷ درصد در این سال‌ها دارد. در بین زیربخش‌های حمل و نقل، طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۰، حمل و نقل جاده‌ای با سهم حدود ۷/۹۲ درصد بیشترین میزان انتشار دی-اکسیدکربن 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 ۲/۳۳ درصدی در انتشار دی-اکسیدکربن از ۵/۲ میلیون تن به ۶/۳ میلیون تن رسیده که متوسط رشد ۸/۲ درصدی داشته است. بخش ریلی با سهم اندک ۳/۰۷۳ درصد از انتشار دی-اکسیدکربن در بخش حمل و نقل با رشد ۵ درصدی سالانه میزان انتشار دی-اکسیدکربن آن از ۵/۰ به ۶/۹ میلیون تن رسیده است. (نمودار ۳)



نمودار ۳. متوسط سهم هر بک 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 جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی عرضه می‌شود و مشخصه باز همه این شیوه‌ها مصرف سوخت در حد گستردگی است. به همین علت فعالیت و کارایی این بخش نسبت به سایر عوامل، بیشترین تأثیر را بر جای می‌گذارد. همان‌طور 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 منوکسیدکربن در بخش حمل و نقل

در ایران، طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۷، 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.

جدول ۱. تجزیه انتشار  $\text{CO}_2$  در بخش حمل و نقل در ۱۳۹۰-۱۳۷۸ ش

ردیف	اثر قیمت	اثر جمعیت	اثر فعالیت اقتصادی		اثر ساختاری		اثر شدت انرژی		شیوه حمل و نقل		اثر ترکیب سوختی		اثر شدت انتشار			
			CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>		
۱	۱,۱۲	۱۳۳	۲۰۲	۱۴۷	۱۳۴,۹	-۵	-۶۹	-۱۹۳	-۱۱۶	۰,۲۱	۵,۱	-۱,۰	۱۸۵	-۲۷۰	-۸۹۵	۱۳۷۸
۲	۲,۳۶	۱۵۸	۱۹۵	-۷,۹	-۶۷,۳	-۸	-۹۵	-۲۰۲	-۱۸۵	۰,۳۶۴	۳,۹	۲۷۰	۱۲۹	۲۷۰	۳۸۸	۱۳۷۹
۳	۶,۴۷	۷۷,۷	۱۱۹	۴۲,۳	۲۰,۵,۹	۶	۷۰	-۲۳,۰	-۱۴۵	۰,۴۲۱	-۱۰,۴	-۰,۶۸	-۱۵۸	-۰,۶۸	-۷۹,۱	۱۳۸۰
۴	۳,۴۶	۳۷,۱	۲۶۴	۲۸,۹	۴۰,۶,۸	۳۴	-۶۰	-۱۲,۹	-۱۱۲	۰,۴۶۸	-۱۲,۳	-۱,۵	-۱۰۲۵	-۰,۱۷	-۹۸,۱	۱۳۸۱
۵	۲,۳	۳۵,۱	۲۵۹	۱۳,۸	۴۱,۸	-۲۱	-۵۴	-۱۹,۸	-۱۷۷	۰,۳۰۸	-۹,۳	-۱۸۷	-۵۷۳	-۱,۹	۷۸۳	۱۳۸۲
۶	۳۵	۲۸,۹	۲۶۵	۸,۱	۴۰,۴,۸	-۲۷	۸۹	-۲۰,۲	-۲۵۵	۰,۱۵۳	-۱۰,۸	۰,۵۴	-۵۹,۴	-۰,۵۴	۱۰,۳	۱۳۸۳
۷	۳,۰۶	۳۷,۴	۱۲۰	۱۰,۹	۴۰,۷,۳	۱۱,۸	۱۰۹	-۲۸,۴	-۲۸۲	-۰,۳۶	-۹,۵	-۱,۶۸	-۱۲۵	-۰,۵۳	-۳۴۳	۱۳۸۴
۸	۳,۵۳	۳۰,۹	۱۰,۹	۱۶,۷	۴۳,۵	۷۵,۹	۶۷	-۵۷,۲	-۳۳۶	-۰,۴۳۹	۸,۴	-۱,۰	۲۲,۲	-۸۴۶	۲۷۹	۱۳۸۵
۹	۲,۸۵	۲۹,۴	۹۷	۲۴,۵	۴۷,۸,۶	۷۹,۳	۸۹	-۶۲,۲	-۴۳۸	-۱,۰۵	۱۹,۵	-۱۲۴	۱۲۴	-۶۸۰	۱۸۷۳	۱۳۸۶
۱۰	۴,۰۹	۳۵	۶۵	۳۵,۹	۴۰,۹,۵	۶۶,۸	۱۱۷	-۸۵,۳	-۵۶۲	-۲,۸۹۱	-۱۰,۲	-۱۵,۹	-۵۴۳	-۱۰,۸۴	۷۳۵	۱۳۸۷
۱۱	۳,۳۳	۳۰,۴	۸۷	۴,۵	۷۸,۵	۶۰	-۹۰	-۹۴,۸	-۴۲۵	۳,۳۳۱	۲۰,۴	-۲۸۹	-۱۰,۵	-۱۲۸۱	۲۲۴	۱۳۸۸
۱۲	۵,۴۷	۴۷,۹	۹۰	۳,۷	۷۲,۶	-۳۶,۴	-۱۲۸	-۸۳,۱	-۵۷	۵,۴۷۹	۵۹,۱	-۴۸۵	-۱۱۳	-۵۰,۱۵	۲۵	۱۳۸۹
۱۳	۶,۳۷	۲۶,۳	۹۴	۲,۶	۶۸,۶	-۶۰,۷	-۱۱۰	-۹۱,۰	-۶۱۲	۶,۳۷	۴۳,۱۲	-۵۹,۳	۲۴,۱	-۸۹۶۳	۶۷۸	۱۳۹۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول (۱) مجزاسازی انتشار  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  منتج شده است. اما این روند در سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۰ تغییر کرده و اثرات افزایش مقیاس بر انتشار گاز  $\text{CO}_2$  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.<sup>۱</sup> 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 ۱۳۸۴ ش، 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.

این روند در انتشار CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> روند یکسانی نداشته است و در سال‌های ۱۳۸۰ و دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۷ 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.<sup>۱</sup>

اثر شدت انرژی در سال‌های مورد بررسی مؤثرترین اثر را در کاهش انتشار CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 شیوه 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 گاز طبیعی به جای بنزین موتور، مصرف بنزین رشد کاهشی داشته است. در مقابل مصرف گاز طبیعی به شدت افزایش یافته است. شایان ذکر است که از سوختن هر واحد گاز طبیعی، ترکیبات کربن کمتری منتشر می‌شود. این امر باعث اثر منفی تغییر ترکیب سوخت در سال‌های ابتدایی بعد از ۱۳۸۵ شده است، اما با افزایش یکباره گاز طبیعی از این روند انتشار دی اکسیدکربن 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 CO<sub>2</sub>، 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.<sup>۲</sup> 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. به طوری که در سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۰، 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، 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 فراینده در سال ۱۳۹۰ به ۱۳/۸ درصد رسیده است، این روند افزایشی از سال ۱۳۸۷ با سهم (۴/۶۱ درصد) شتاب گرفته است.

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

**۲-۵. تجزیه انتشار دی اکسید کربن و منوکسید کربن در زیربخش‌های بخش حمل و نقل**  
 به طور کلی 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.<sup>۱</sup> در ادامه به بررسی اثرات انتشار دی-اکسید کربن در زیربخش‌های حمل و نقل پرداخته می‌شود.

**۲-۵-۱. تجزیه انتشار دی اکسید کربن و منوکسید کربن در زیربخش حمل و نقل جاده‌ای**  
 درین شقوق مختلف حمل و نقل، زیربخش حمل و نقل جاده‌ای جایگاه ویژه‌ای دارد. جایه‌جایی سالانه حدود ۹۵ درصد بار و مسافر در کشور، به وسیله زیربخش حمل و نقل جاده‌ای، سهم ارزش افروده ۸۰ درصدی زیربخش حمل و نقل جاده‌ای از کل حمل و نقل کشور، در دهه گذشته ۱۳۷۷-۹۰ ش، حاکی از اهمیت زیربخش حمل و نقل جاده‌ای در بین شیوه‌های مختلف حمل و نقل کشور است. در این بخش با توجه به اهمیت بخش حمل و نقل جاده‌ای در مشتقات جزئی تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار دی-اکسید کربن و منوکسید کربن 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.

تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار ترکیبات کربن (دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن) در ... ۱۳۹

جدول ۲. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن در بخش حمل و نقل جاده‌ای در ۱۳۷۸-۱۳۹۰

اثر قیمت		اثر جمعیت		اثر فعالیت اقتصادی		اثر ساختاری		اثر شدت انرژی		اثر شیوه حمل و نقل (عمومی و خصوصی)		اثر ترکیب سوختی		اثر شدت انتشار		
CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	
۰.۰۱	۰.۱۴۰	۱۶	۱۱۱	۱.۷	۹۶.۹	-۳	-۲۰۲	-۸.۱	-۹۴	۰.۱۲	۱.۶	-۰.۳	۴۱.۴	۰.۴	۴۸.۵	۱۳۷۸
۰.۰۵	۰.۷۹۳	۲۸	۳۹۴	-۵.۹	-۱۷۳	-۴.۵	-۲۹۵	-۹.۶	-۷۶	۰.۳۶	۹.۶	۰.۰۳	۲۲۳۸	۰.۳	۳۷.۹	۱۳۷۹
۰.۰۶	۰.۹۳۴	۳۰	۴۱۱	۴۳	۹۵.۹	-۶.۹	-۴۸۲	-۱۱.۲	-۵۵	۰.۴۲	۱۰.۴	-۰.۰۱	-۴۸.۸	-۰.۱	۳۸.۹	۱۳۸۰
۰.۰۸	۱.۲۴۹	۳۵	۴۲۸	۱۸۹	۱۰۸	-۱۵	-۲۰۴	-۱۳.۵	-۱۲۴	۰.۴۶	۱۵۳	۰.۰۰	-۴۳.۶	۰.۰۰	-۵۴.۹	۱۳۸۱
۰.۱۸	۲.۴۰	۲۶	۳۰۸	۱۵۸	۱۱۸	-۱۷.۶	-۳۰۶	-۱۸.۴	-۱۲۰	۰.۳۰	-۱۹.۳	-۰.۴۲	-۱۶.۳	-۸.۲	-۲۰.۵	۱۳۸۲
۰.۲۴	۳.۱۷	۱۶	۱۵۳	۹.۱	۱۰۴	-۲۰.۳	-۳۴۵	-۲۴.۸	-۱۱۷	۰.۱۵	-۱۶۸	-۱.۸۷	-۱۲.۱	-۱۰.۲	-۲۶.۸	۱۳۸۳
۰.۳۳	۴.۲۳	-۱۶	-۶۴	۱۷.۹	۲۰۷۳	-۴۹.۶	-۴۵۸	-۳۳.۸	-۱۲۳	-۰.۰۶	-۱۹.۵	-۵۹.۰	۱۰.۶	-۱۱.۲	۴۶.۹	۱۳۸۴
۰.۵۱	-۶.۱۲	-۱.۰۴	-۵۹	۶۷	۲۲۵	-۵۶.۱	-۶۰.۸	-۶۱	-۲۲۵	-۱.۵۳	۷.۴	-۹۶.۹	۲۶.۴	-۱۰.۹	۴۷.۷	۱۳۸۵
۰.۷۶	۱۰.۱۷	-۱.۱۲۹	-۱.۰	۱۴۵	۲۲۸۶	-۵۵	-۸۶۶	-۷۶	-۳۰۶	-۱.۸۵	۲۹۵	-۱۰.۹	۵۶.۷	-۱۲.۹	۴۹.۱	۱۳۸۶
۰.۹۷	۱۳۵۸	-۱.۱۹	-۲۰۹	۱۲۹	۳۰۹۵	-۹۲.۷	-۹۳۴	-۵۴	-۲۸۲	-۰.۸۹	-۱۰.۲	-۱۳.۲	۷۸.۳	-۳۰.۲	۵۶.۲	۱۳۸۷
۱.۰۰	۱۴۹۶	-۱.۲۰	-۳۰۳	۸۵	۶۸۵	-۹۷.۲	-۹۳۸	-۶۶	-۲۶۵	-۱.۳۳	۸۴	-۱۴.۶	۴۷.۴	-۴۱.۴	۶۷.۹	۱۳۸۸
۱.۲۲	۲۱۵۹	-۱.۹۸	-۲۴۷	۲۷	۸۲۶	-۵۴.۳	-۳۲۸	-۸۷.۶	-۲۵۶	-۱.۹۷	۹.۱	-۱۵۸	۵۶.۱	-۵۸.۵	۷۸.۲	۱۳۸۹
۱.۱۹	۲۴۹۱	-۱.۲۸	-۱۳۷	۱۶	۹۸۶	-۲۰.۴	-۲۲۱	-۶۸.۹	-۲۴۹	۰.۱۲	۱۳۲	-۱۶.۴	۴۳.۲	-۵۰.۸	۷۸.۹	۱۳۹۰

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 موردن 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 به کارگیری سوخت‌های پاک‌تر، در سال‌های اولیه، اثرات مشبی 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

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 CO<sub>2</sub> فزآینده شده است. اما اثر سوخت گاز طبیعی در سایر گازهای گلخانه‌ای بسیار اندک است و این امر باعث کاهش میزان انتشار CO<sub>2</sub> کاهنده شود.<sup>۱</sup> 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 بتزینی که عمدتاً دارای مالکیت شخصی هستند، عمدت‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در بخش حمل و نقل جاده‌ای می‌باشند. در طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۰، تعداد خودروهای شخصی از ۲/۳ ۰/۵ 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 بتزین است که این امر نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل کاهش انتشار در بخش حمل و نقل جاده‌ای نوسازی ناوگان حمل و نقل جاده‌ای و صرف‌جویی‌های 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 پیش‌بینی 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 حائز اهمیت آن است که اگر به جای استفاده از گاز طبیعی همچنان رویه استفاده از بتزین ادامه داشت میزان انتشار دی‌اکسید کربن بسیار بیشتر افزایش می‌یافتد.

## تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار ترکیبات کربن (دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن) در ... ۱۴۱

۲-۵. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن در ذیروخش حمل و نقل ریلی  
حمل و نقل ریلی به دلیل ظرفیت انبوه جابه‌جایی، اینمی، 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 سوت 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 دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن از بخش حمل و نقل ریلی در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۸

اثر قیمت		اثر انتشار		اثر شدت انرژی		اثر ساختار		اثر جمعیت		
CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	
-۰.۰۰۶	۸	۰.۰۰۰	-۰.۰۴۶	-۰.۰۱۰	-۴.۵۴۰	۰.۰۰۲	-۱.۵۵۲	-۸.۴۴۷	-۸۰.۹	۱۳۷۸
-۰.۰۰۲	۶	-۰.۰۰۱	-۰.۰۴۳	-۰.۰۱۳	-۰.۰۰۵	-۰.۰۰۲	-۵.۰۴۰	-۱۳.۷۴	-۱۰۰.۱	۱۳۷۹
۰.۱۸	۳۴	-۰.۰۰۱	-۰.۲۰۴	-۰.۰۲۰	-۰.۰۰۷	-۰.۰۰۱	-۵.۳۶۵	-۱۵.۸۶	-۱۱۲.۱	۱۳۸۰
-۰.۰۱۱	-۲۱	-۰.۰۰۱	-۰.۱۳۸	-۰.۰۳۳	-۰.۰۱۲	-۰.۰۰۲	-۸.۱۳۶	-۱۵.۳۰	-۸۱.۸۲	۱۳۸۱
۰.۰۰۹	۲۷	۰.۰۰۰	-۰.۰۳۵	-۰.۰۵۸	-۰.۰۲۱	۰.۰۰۰	-۱۰.۰۱	-۱۹.۴۲	-۱۷.۸	۱۳۸۲
۰.۰۰۴	۱۱۸	۰.۰۰۰	۰.۱۱۹	-۰.۰۷۰	-۰.۰۲۵	۰.۰۰۰	-۱۳.۲۹	۱۷.۴۶	۱۱۶.۷۲	۱۳۸۳
۰.۰۰۶	-۷۵.۹	۰.۰۰۲	۰.۴۳۶	-۰.۰۹۷	-۰.۰۳۶	۰.۰۰۱	-۱۵.۶۷	۲۶.۸۷۵	۲۱۵.۶	۱۳۸۴
۰.۰۲۹	۷۹.۳	۰.۰۰۳	۰.۷۶۹	-۰.۱۲۴	-۰.۰۴۵	۰.۰۰۱	-۱۸.۹۶	۴۰.۵۳۳	۴۰۰.۱	۱۳۸۵
۰.۰۵۲	۹۶.۸	۰.۰۰۵	-۰.۰۸۰	-۰.۱۴۳	-۰.۰۶۰	۰.۰۰۴	-۲۳.۲۲	۶۸.۷۹۵	۶۶۴.۹	۱۳۸۶
۰.۰۹۰	۶۰	۰.۰۱۰	۰.۳۷۷	-۰.۲۰۱	-۰.۰۸۴	۰.۰۰۰	-۲۵.۹۴	۱۴۷.۲۹	۷۰۷.۵۹	۱۳۸۷
۰.۰۳۰	۳۶.۴	۰.۰۱۷	۰.۶۶۹	-۰.۲۸۷	-۰.۱۲۱	-۰.۰۱۷	-۲۱.۵۳	۱۶۴.۵۸	۹۷۵.۹	۱۳۸۸
۰.۰۴۲	۱۷۳	۰.۰۲۷	۱.۴۵۴	-۰.۳۹۹	-۰.۱۶۸	-۰.۰۳۶	-۱۴.۵۸	۱۷۰.۲۲۳	۹۴۹.۲	۱۳۸۹
۰.۰۶۷	۶۹	-۰.۴۶۹	۱.۸۸۸	-۰.۴۲۱	-۰.۱۳۶	-۰.۷۶	-۱۱.۵۱	۱۶۷.۷۶	۹۶۴.۳	۱۳۹۰

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 دی‌اکسیدکربن شده است. اثر مقیاس بر انتشار منوکسیدکربن نیز به این

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 تکنولوژی‌های 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 قیمت گذاری 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 هزینه‌ها به درستی پرداخت نمی‌شود. همین امر موجب کاهش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و زیربنایی مورد نیاز بخش می‌گردد و به کاهش کارایی و افزایش انتشار ترکیبات کربن می‌انجامد.

**۳-۲-۵. تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن در ذیربخش 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 هزینه‌ها به وجود می‌آورد.<sup>۱</sup> این بخش با توجه به اثر شدت انتشار، اثر ساختار، اثر شدت انرژی، اثر مقیاس (جمعیت) و اثر قیمت بررسی شده است.

تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار ترکیبات کربن (دی‌اکسیدکربن و منوکسیدکربن) در ... ۱۴۳

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

اثر قیمت		اثر شدت انتشار		اثر شدت انرژی		اثر ساختار		اثر جمعیت	
CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
۰.۰۰۹	-۰.۰۲۵	۰.۰۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۳	-۰.۰۲	۰.۰۰۲	۰.۰۹
۰.۰۰۲	-۰.۰۲۶	-۰.۰۰۱	۰.۰۲	-۰.۰۰۰۵	۰.۲۵	-۰.۰۰۱	-۰.۰۱	۰.۰۰۳	۰.۱۳
۰.۰۰۷	۰.۰۲۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۵	۰.۲۴	-۰.۰۰۲	-۰.۰۱	۰.۰۰۳	۰.۱۵
۰.۰۰۱۴	۰.۰۱۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱۲	۰.۶۱	-۰.۰۰۱	-۰.۰۳	۰.۰۰۲	۰.۰۹
۰.۰۰۵	۰.۰۱۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۲۲	۰.۷۳	۰.۰۰۰	۰.۰۱	-۰.۰۰۱	۰.۰۶
۰.۰۰۷۴	۰.۰۱۷	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۳۰	۰.۱۷۰	-۰.۰۰۰	۰.۰۴	۰.۰۰۳	۰.۰۱۸
-۰.۰۰۹	۰.۰۱۳	۰.۰۰۳	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۰۲۱	۰.۱۷۹	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۰۲	۰.۱۹
۰.۰۰۲	۰.۰۱۹	۰.۰۰۷	-۰.۰۰۱	-۰.۰۰۰۲۰	-۰.۱۴۹	۰.۰۰۰	۰.۰۶	۰.۰۰۲	۰.۳۵
-۰.۰۰۵	۰.۰۲۰	۰.۰۱۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰۲۴	-۰.۱۵۱	۰.۰۰۰	-۰.۰۳	۰.۰۰۳	۰.۶۷
۰.۰۱۵	۰.۰۱۹	۰.۰۱۷	۰.۰۰۲	۰.۰۰۰۳۸	-۰.۱۴۱	۰.۰۰۰	-۰.۱۷	۰.۰۰۷	۰.۹۵
۰.۰۹۸	۰.۱۲۸	۰.۰۳۳	۰.۰۰۳	۰.۰۰۰۲۹	-۰.۱۲۶	-۰.۰۰۰۱	-۰.۲۴	۰.۰۰۴	۰.۱۴۷
۰.۰۰۷	۰.۲۴۸	۰.۰۰۳۷	۰.۰۱۹	-۰.۰۰۰۱۸	-۰.۹۰	۰.۰۰۰	-۰.۵۶	۰.۰۰۱	۰.۱۳۷
۰.۰۰۵	۰.۰۰۰۳۴	۰.۰۵۹	۰.۰۰۵	-۰.۰۰۰۲۱	-۰.۱۲۱	۰.۰۰۰	-۰.۳۷	۰.۰۰۱	۰.۲۵۱
۱۳۹۰									

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 می‌دهد با افزایش وسعت ارائه خدمات در این حیطه، میزان مصرف انرژی و انتشار ترکیبات کربن روند افزایشی داشته است.

در سال شروع دوره ۱۳۷۸ اش اثر شدت انرژی مثبت است که نشان‌دهنده بی‌توجهی به اهمیت کارآبی انرژی نسبت به سال پایه (۱۳۷۷) است. در سال‌های بعد موضوع افزایش کارآبی 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 کارآبی انرژی در بخش هوایی، عمر بالا و

استهلاک زیاد ناوگان هوایی سبب افزایش سهم مصرف سوخت و انتشار دیاکسید کربن شده است. به همین سبب، بهبود و ارتقاء کیفیت تجهیزات و تکنولوژی‌های به کار گرفته 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 آلاندگی، میزان انتشار این بخش افزایش داشته است. البته این روند از سال ۱۳۸۶ به بعد بهبود یافته است.

در خصوص 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 مرغه جامعه و از کشش قیمتی پایینی برخوردار است. از بزرگ‌ترین مشکلات بخش حمل و نقل هوایی از 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 تعزیه عوامل مؤثر در سال‌های ۱۳۷۸ تا 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 می‌باشد. 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 در 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 دیاکسید کربن داشته و نشان دهنده افزایش کارایی انرژی در بخش حمل و نقل است. تغییر در ترکیب سوختی و شیوه حمل و نقل در سال‌های مختلف بیشترین تأثیر را بر کاهش انتشار منوکسید کربن داشته است. اثر شدت انتشار سال‌های مختلف اثرات متفاوتی بر رشد انتشار نشان می‌دهد. در سال‌های ابتدایی که گاز طبیعی وارد

چرخه سوخت گردید، میزان انتشار کاهش یافته ولی پس از آن به سبب استفاده یکباره زیاد، اثر انتشار بر دی اکسیدکربن 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 کار گیری 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 برابر میزان انتشار منوکسیدکربن اثر بسیار کاهنده‌ای داشته اما بر انتشار دی-اکسیدکربن تأثیر چندانی نداشته است. اثرات شدت انتشار نیز از این روند تعیت 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 دی اکسیدکربن 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 تع 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 تکنولوژی‌های کاهش آلاندگی، 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.

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 می‌تواند بیشترین تأثیر را بر کاهش انتشار ترکیبات کربن داشته باشد. به طور کلی 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 زیرساخت‌های بخش حمل و نقل کشور به علت فرسودگی و عمر بالای زیربنایها و کمبود و فرسودگی ناوگان حمل و نقل کشور، به خصوص در بخش بار جاده‌ای، بخش هوایی و ریلی. به طور مثال در پایان سال ۱۳۹۲، عمر ناوگان حمل و نقل بار جاده‌ای، اتوبوس، مینی بوس و سواری به ترتیب به  $17/4$ ،  $13$ ،  $13/6$  و  $8/5$  سال رسیده است که این امر باعث می‌گردد که اثرات رشد اقتصادی و مقیاس در انتشار دی‌اکسید 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 تع 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 زیان ده 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.

- 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 به طوری 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 نامن بودن جاده‌های کشور موجب افزایش تصادفات جاده‌ای و تلفات جانی و مالی گردیده که هزینه‌های آن بر اقتصاد کشور تحمل می‌گردد.

- حمل و نقل ریلی کم آلاینده ترین نوع حمل و نقل 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 و نقل می‌باشد. حمل و نقل ریلی ۷۰۰ برابر امن تر از حمل و نقل جاده‌ای و ۲۰۰ برابر امن تر از حمل و نقل هوایی است (فروزنده، ۱۳۸۸).. با این نفاسیر بخش حمل و نقل ریلی به رغم مزایای بسیار مصرف سوخت پایین، آلاینده‌گی اندک برای محیط زیست و اینمنی و رفاه بالا، با وجود تأکید بسیار در برنامه‌های توسعه و سایر استناد 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 سیاست گذاران ارائه می‌شود:

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

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

- استفاده از وسائل نقلیه با انتشار کمتر و سیاست‌هایی که محرك استفاده از سوخت‌های کربن پایین تر (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

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

- اتفاق بازرگانی، صنایع و معادن تهران (۱۳۸۸)، اصلاح الگوی مصرف در بخش حمل و نقل (برون شهری)، کمیسیون حمل و نقل، ترانزیت و امور گمرکی.
- احدى، م (۱۳۸۲)، تحلیلی بر انتشار 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 دی‌اکسید کربن چرا و چگونه؟"، مجله اکتشاف و تولید، شماره ۶۵، صص ۶۸-۷۳.
- باصری، بیژن و همکاران (تابستان ۱۳۸۹)، "بررسی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزاسازی انرژی (مطالعه موردی شرکت پیگاه 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، سید منصور؛ شرذه‌ای، غلامعلی؛ بروخورداری، سجاد (۱۳۹۱)، "تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در ایران"، محیط‌شناسی، دوره ۳۸، شماره ۶۱، صص ۱۰۴-۹۳.
- رحیمی، نسترن و بختیار، محسن (تابستان ۱۳۸۵)، "پروتکل کیوت، رهیافت و چالش‌ها" علوم تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۹، صص ۹۳-۷۹.
- زادعی، 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.

## تحلیل تجزیه‌ای شاخص انتشار ترکیبات کربن (دی اکسیدکربن و منوکسیدکربن) در ... ۱۴۹

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

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

فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۹۰)، "تجزیه انتشار دی اکسیدکربن 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)، "تجزیه دی اکسیدکربن منتشره 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 دی اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران"، فصلنامه تحقیقات مدالسازی اقتصادی، دوره ۱، شماره ۱۳۵، صص ۱۵۴-۱۳۵.

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

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

وزارت نیرو، معاونت امور انرژی (۱۳۹۰-۱۳۷۶)، تراز نامه انرژی.

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

**Boyd, G.A.; Hanson, D. A. & Sterner, T.** (1988), "Decomposition of Changes in Energy Intensity — 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 CO<sub>2</sub> Emissions in Greece", *Energy*, Vol. 31, pp. 2638–2651.

**EtemKarkaya & Mustafa, ökZÇAG** (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 American free trade agreement", *National Bureau of Economic Research*, Cambridge: Working paper No.3914.

**Hatzigergiou, E.; Haralambopoulos, D.** (2008), "CO<sub>2</sub> emission in greece for 1990-2002: a decomposition analysis", *Energy*, Vol. 33, pp. 492-499.

**Hongqi Lia; Yue Lua; Jun Zhangb & Tianyi Wangc** (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), "CO<sub>2</sub> Emission from fuel combustion Highlight".

- lise, Wietze** (2006), "Decomposition of CO<sub>2</sub> 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), "CO<sub>2</sub> 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: A decomposition of aggregate energy intensity using Logarithmic Mean Divisia approach*, MPRA Paper, Germany: University Library of Munich.
- Tunc, G.I. & Akbostancı, E.** (2009), "A decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emission from energy use: Turkish case", *Energ policy*, Vol. 37, pp. 4689-4699.
- Zhang, M.; Mu, H. & Ning, Y.** (2009), "accounting for energy related CO<sub>2</sub> emission in china (1991-2006)", *Energy policy*, Vol. 37, pp. 767-773.
- Zhang,M.; Mu, H. & Ning, Y.** (2009), "decomposition of energy related CO<sub>2</sub> emission in china(1991-2006)", *Ecological economic*, Vol.68, pp. 2122-2128.