فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی در ایران
سال دوّم، شماره‌ی 6، تابستان 1392
صفحات: 64-83

تجزیه‌ی دی‌اکسیدکربن منتشره‌ی بخش حمل و نقل به زیربخش‌ها و انواع سوخت‌های مصرفی

محمد حسن فطرس[1*]
جواد براتی[2]

تاریخ دریافت: 1391/7/28 تاریخ پذیرش: 1391/12/22

چکیده

تشخیص عوامل کلیدی محرک انتشار دی‌اکسیدکربن برای ارزیابی سیاست‌ها و راهبردهای کاهش اثراتِ تغییر اقلیم ضروری است. حمل‌ونقل حلقه اتصال بخش‌های مختلف اقتصاد است و بیش از 23 درصد انتشار CO_2 کشور را به عهده دارد. پس، توجه به این بخش ضروری به نظر می‌رسد. این مطالعه به تحلیل عواملی می‌پردازد که انتشار CO_2 ناشی از مصرف سوخت سنگواره‌ای در بخش حمل‌ونقل را تحت تأثیر قرار می‌دهند. برای این منظور از روش «تجزیه‌ی شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی» و «شاخص دیویژیای میانگین حسابی» استفاده می‌شود. دوره‌ی مورد مطالعه 1376-1389است. عوامل اثرگذار مورد بررسی ضریب انتشار، شدت انرژی، ترکیب سوختی، شیوه‌ی حمل‌ونقل، تغییرات ساختاری، فعالیت اقتصادی به‌صورت سرانه و رشد جمعیت می‌باشند. نتایج نشان می‌دهند که فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری و رشد جمعیت به‌ترتیب بیشترین اثر را بر رشد انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل داشته‌اند. شدت انرژی نقشی کاهشی در انتشار CO_2 برای کل بخش حمل‌ونقل داشته است. مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده از دو روش مختلف تجزیه، صحت یافته‌های مطالعه را تأیید می‌کنند.

کلید واژه‌ها: انتشار CO_2، شدت انرژی، بخش حمل‌ونقل و تکنیک‌های تجزیه شاخص.

طبقه‌بندی JEL : Q4، Q43، Q56.

1. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه بوعلی‌سینا (*نویسنده مسئول) **Email:** fotros@basu.ac.ir
2. پژوهشگر و عضو گروه پژوهشی اقتصاد شهری جهاد دانشگاهی مشهد **Email:** j_baraty@yahoo.com

1. مقدمه

بخش حمل‌ونقل، حلقه اتصال بخش‌های مختلف اقتصاد کشور است و علاوه بر آن‌که یکی از بخش‌های مهم و زیربنایی است، بر فعالیت‌های دیگر اقتصاد تاثیر دارد و امکان بهره‌وری مناسب‌تر از منابع و استعدادهای اقتصادی را فراهم می‌آورد(رزمی و آذری، 1386). تدوین مناسب سیاست‌ها و برنامه‌های بهره‌وری انرژی نیازمند شناسایی دقیق مؤلفه‌های موثر بر آن است. بخش حمل‌ونقل کشور یکی از بخش‌های مهم مصرف انرژی می‌باشد. در سال 1387 این بخش 28 درصد کل انرژی کشور را مصرف کرده بود که پس از بخش خانگی و تجاری، دومین بخش پرمصرف انرژی کشور بوده است. بخش حمل‌ونقل شدیداً وابسته به سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر است. 95% تمامی شقوق حمل‌ونقل متکی به نفت است. بنا بـر مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)[1] بخش حمل‌ونقل تا سال 2020 بزرگترین مصرف‌کننده انرژی خواهد بود و در آن زمان، مصرف انرژی جهان دو سوم بیشتر از مصرف امروز خواهد بود. حمل‌ونقل، مسبب اصلی آلودگی هوا و آلودگی صوتی نیز هست. بخش حمل‌و نقل تولیدکننده‌ی گازهای گلخانه‌ای (CO_2، CO، متان و بخار آب) چه به طور مستقیم در اثر استفاده از انرژی فسیلی یا غیرمستقیم از طریق تولید انرژی‌های دیگر از سـوخت فسـیلی، می‌باشد (سورمه، 1386).

سهم بخش حمل‌ونقل از کل CO_2 منتشر شده در سال 1389 حدود 23 درصد بوده است. این سهم برای گاز گلخانه‌ای CO در همین سال حدود 96 درصد بوده است که از این مقدار بیش از 99 درصد مربوط به زیر بخش حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشد. زیربخش حمل‌ونقل جاده‌ای حدود 94/2 درصد از کل CO_2 منتشر شده در بخـش حمل‌و نقل را به خود اختصاص داده است. زیربخش حمل‌ونقل ریلی 0/8 درصد، زیر بخش حمل‌ونقل هوایی 3 درصـد و زیر بخش حمل‌ونقل دریایی 2 درصد از CO_2 منتشر شده در کل بخش حمل‌ونقل را در سال 1389 در بر می‌گیرند. این اطلاعات نشان از اهمیت بخش حمل‌ونقل در انتشار دی اکسید کربن دارد.

بنابراین، هر تلاشی در جهـت مقابله با تغیـرات اقلیمی به منظور کاهـش آلودگی‌های زیست‌محیطی بایستی انتشار CO_2 بخش حمل‌ونقل را نیز مورد توجه قرار دهد. تشخیص عوامل کلیدی محرک انتشار CO_2 برای ارزیابی سیاست‌ها و راهبردهای کاهش اثراتِ تغییر اقلیم، ضروری است. برای دستیابی به این هدف یک رویکرد آن است که رشد انتشار CO_2 به عوامل ممکن مؤثر بر این رشد تجزیه شود. عواملی که بر انتشار CO_2 و رشد آن تأثیرگذارند به مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. عوامل مستقیم مانند ترکیب سوختی مورد استفاده، نوع حمل‌ونقل و تغییر در شدت انرژی هستند. از جمله عوامل غیرمستقیم می‌توان رشد جمعیت و شهرنشینی، رشد اقتصادی و صنعتی

1. International Energy Agency

شدن را نام برد. این عوامل، بینش ما از رشد انتشار CO_2 بخـــش حمل‌ونقل را گسترش می‌دهند. در این مطالعه سعی بر این است تا عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 و رشد آن در بخش حمل‌ونقل تحلیل شوند و نقش هر کدام در این انتشار بررسی شود.

عوامل مهمی که انتشار CO_2 و شدت انتشار CO_2 را تحت تأثیر قرار می‌دهند در بسیاری از کشورها تحلیل شده‌اند؛ اما، بیشتر این مطالعات به بخش‌های صنعت و نیرو توجه داشته‌اند و بخش حمل‌ونقل به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های مهم در انتشار CO_2، مخصوصا برای کشورهای در حال توسعه، کمتر مورد توجه بوده است. با توجه به اهمیت بخش حمل‌ونقل و نقش آن در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه CO_2، این مطالعه به بررسی انتشار CO_2 و رشد انتشار این گاز در بخش حمل‌ونقل ایران می‌پردازد. مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: بخش دوم روش‌شناسی تجزیه را معرفی می‌کند. بخش سوم، پیشینه‌ی تحقیق را اجمالا مرور می‌کند. بخش چهارم، بحث و استنتاج را در چند زیر بخش انجام می‌دهد. در پایان و در بخش پنجم، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری آورده می‌شود.

2. روش‌شناسی تجزیه

پس از بحران نفتی 1973-1974 جهان، محققان انرژی درصدد تهیه روشی برای تعیین میزان اثراتِ انتقال ساختاری در تولید صنعتی بر کل تقاضای انرژی صنعتی برآمدند تا شناخت ژرف‌تری از سازوکارهای موجودِ تغییر در مصرف انرژی صنعتی کسب کنند. برای تجزیه‌ی اثرات تغییر در شدت انرژی کل چند روش ساده پیش‌نهاده شد. از آن جمله، بوید، هانسون و استرنر (1988)[1] روشی برای ارتباط بین تجزیه انرژی و شاخص عددی در اقتصاد پیشنهاد دادند. همچنین، بوید و همکاران (1987)[2] شاخص دیویژیا را برای مطالعه‌ی مصرف انرژی صنعتی معرفی کردند.

در 1992، لیو، آنگ و اونگ (1992)[3] در تلاشی برای ایجاد روش‌شناسی تجزیه[4] برای تحلیل تقاضای انرژی، از انتگرال دیویژیا با رویکرد شاخص دیویژیا برای تخمین پارامترها استفاده کردند. آن‌ها همچنین، روش جدیدی به‌نام روش شاخص وزنی دیویژیا را معرفی کردند. انگ (1994)[5] و انگ و لی (1994)[6] کارهای انجام شده توسط لیو، آنگ و اونگ (1992) را بسط دادند. آنگ و ژانگ

1. Boyd, Hanson and Sterner
2. Boyd et al.
3. Liu, Ang and Ong
4 . Decomposition
5 . Ang
6 . Ang and Lee

(2000)[1] بر پایه‌ی روش پارامتریک شاخص دیویژیا معرفی شده توسط لیو، آنگ و اونگ (1992)، به ترتیب چارچوبی را برای تجزیه‌ی افزاینده[2] و جمع‌پذیر[3] معرفی کردند. در دهه‌ی 1990، به علت اهمیت تغییر اقلیم جهانی، تحلیل‌های تجزیه به سمت انتشار گاز گلخانه‌ای مرتبط با انرژی معطوف شد. چه برای تجزیه‌ی انرژی و چه برای تجزیه‌ی انتشار گاز گلخانه‌ای، مطالعات در پی بررسی روند آینده و سیاست‌های مناسب برای تجزیه رشد اقتصادی از مصرف انرژی و فروافت[4] زیست محیطی بودند (دیاکولاکی و همکاران، 2006)[5]. تحلیل تجزیه ابزاری مفید و متداول نه تنها در تحلیل تقاضای انرژی صنعتی بوده است بلکه همچنین در تحلیل زیست‌محیطی و انرژی به طور کلی نیز کاربرد دارد.

به طور کلی، در بررسی موضوع تجزیه و برای تحلیل عوامل محرک در انتشار CO_2، طی دو دهه‌ی گذشته دو رویکرد متفاوت به کار گرفته شده‌است؛ یکی، تحلیل تجزیه‌ی ساختاری (جدول داده- ستانده) (SDA)[6] و دیگری تحلیل تجزیه‌ی شاخص (IDA)[7] می‌باشد.

این دو تکنیک تجزیه، متفاوتند و هر کدام محاسن و معایبی دارند. تکنیک SDA پیچیده‌تر است و نیاز به داده‌های زیادی دارد. از سوی دیگر، جدول داده- ستانده هر چند سال یکبار تهیه می‌شود و داده‌های سالانه در دسترس نیست. در مقابل، با استفاده از تکنیک SDA اطلاعات و یافته‌های بیشتری به دست می‌آید. تکنیک IDA ساده است و نیازمند داده‌های زیادی نیست. با داده‌های کلان قابل استفاده است و نیاز به داده‌های هر بخش یا محصول خاصی ندارد. به این دلیل، تکنیک IDA بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. مقایسه‌ی بین تحلیل‌های تجزیخی ساختاری و شاخص در مطالعه‌ی هوکسترا و وان‌دن‌برگ (2003)[8] ارائه شده است.

تکنیک IDA خود به دو روش تقسیم می‌شود. روش IDA برپایه‌ی شاخص لاسپیرز[9] و روش IDA بر پایه‌ی شاخص دیویژیا[10]. شاخص IDA لاسپیرز شامل شاخص لاسپیرز پایه، شاخص پاشه، شاخص فیشر، شاخص مارشال-اچورث[11] است که همگی بر پایه‌ی شاخص‌های لاسپیرز پایه و پاشه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 . Ang and Zhang
2. Multiplicative
3. Additive
4. Degradation
5. Diakoulaki and et al.
6. Structural Decomposition Analysis
7. Index Decomposition Analysis
8. Hoekstra and Van Den Bergh
9. Laspeyres IDA
10. Divisia IDA
11. Laspeyres index, Paasche index, Fisher ideal index and Marshall–Edgeworth index

هستند. شاخص IDA دیویژیا نیز شامل شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI)[1] و شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)[2] است که توسط آنگ و چوی (1997)[3] بیان شده است و به وسیله‌ی آنگ (2005) بسط یافته است. هر کدام از شاخص‌های IDA کاربرد معینی دارند و برای استفاده‌ای خاص بکار می‌روند. از بین این شاخص‌ها تنها دو شاخصِ IDA لاسپیرز و IDA دیویژیا با میانگین لگاریتمی هستند که در تمام موارد قابل استفاده‌اند و نتایج مشابهی نیز به‌دست می‌دهند. این دو روش IDA نیز مزایا و معایبی دارند. استفاده از این دو روش به تعداد عوامل مورد بررسی و همچنین به شکل و نوع داده‌ها بستگی دارد. در مقایسه بین دو روش IDA لاسپیرز و IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی اگر عدد صفر در بین داده‌های مورد استفاده نباشد استفاده از روش IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی مناسب‌تر است. هر چند که روش IDA لاسپیرز نیز همواره قابل استفاده است اما پیچیده‌تر از روش IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی می‌باشد(برای اطلاعات بیشتر به مطالعه‌ی آنگ و ژانگ (2000) رجوع شود). رویکرد تجزیه‌ی لاسپیرز همواره دارای باقیمانده‌هایی است که می‌تواند مقادیر قابل توجهی داشته باشد. رویکرد تجزیه‌ی لاسپیرز با توجه به همین باقیمانده‌ها، نتایجی را ارائه می‌دهد. تکنیک IDA لاسپیرز توسط سان (1998)[4] بسط داده شد و پس از آن به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

روش‌های دیگری نیز بسط یافته‌اند که نه با رویکرد دیویژیا مرتبط‌اند و نه با رویکرد لاسپیرز. روش استووِل و میانگین میزان تغییر شاخص (MRCI)[5] دو نمونه از این روش‌ها هستند که به ترتیب توسط استووِل (1989)[6] و چانگ و ری(2001)[7] معرفی شده‌اند. برای اطلاعات بیشتر در مورد روش‌های تجزیه می‌توان به پایان‌نامه‌ی گرانل(2003)[8] از دانشگاه ملی سنگاپور مراجعه کرد.

با این‌که طی دو دهه‌ی گذشته مطالعات بسیاری با استفاده از تحلیل تجزیه به بررسی تغییر در انتشار CO_2 مرتبط با انرژی پرداخته‌اند اما این مطالعات بیشتر به بخش‌های صنعت و نیرو توجه داشته‌اند. از میان مطالعاتی که مرتبط با انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل هستند، می‌توان به مطالعات وو، کانکو و ماتسوکا(2005)[9]، شیپر، ماری-لیلو و گورهام(2000)[10]، شیپر، شول و پرایس(1997)[1]،

1. Arithmetic Mean Divisia Index
2. Logarithmic Mean Divisia Index
3. Ang and Choi
4. Sun
5. Mean Rate of Change Index
6. Stuvel
7. Chung and Rhee
8. Granel
9. Wu, Kaneko and Matsuoka
10. Schipper, Marie-Lilliu and Gorham

لاکشمن و هان (1997)[2]، تیمیلسینا و شرستا (a2009)[3]، کویبورگ و فوسجرو (2007)[4]، و لو، لین و لویس (2007)[5] اشاره کرد.

3. پیشینه‌ی تحقیق

تیمیلسینا و شرِستا (a2009) در مطالعه‌ای به بررسی عوامـل بالقوه‌ای که رشـــد انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل‌ونقل را تحت تأثیر قرار می‌دهند پرداخته‌اند. برای این‌کار از روش تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی برای 12 کشور آسیایی طی دوره‌ی 1980-2005 استفاده کرده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تغییرات در تولید ناخالص سرانه، رشـــد جمعیت و شـــدت انرژی بخش حمل‌ونقل، عوامل اصلی محرک رشد انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل کشورهای منتخب هستند. در حالی‌که رشد درآمد سرانه و جمعیت مسئول اصلی روند افزایشیِ انتشار CO_2 در کشورهای چین، هند، اندونزی، جمهوری کره، مالزی، پاکستان و سـریلانکا می‌باشد اما همراه با این دو عامل، شدت انرژی در بخش حمل‌ونقل نیز از عوامل مهم تأثیرگذار در کشورهای بنگلادش، فیلیپین و ویتنام بوده است.

همچنین، تیمیلسینا و شرستا (b2009) با استفاده از روش تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی به بررسی عوامل مؤثر در رشد انتشار دی‌اکسیدکربن منتشره بخش حمل‌ونقل برای 20 کشور منطقه‌ی آمریکای لاتین و کارائیب پرداختند. دوره‌ی مورد بررسی آنها به صورت سالانه از 1980 تا 2005 بوده است. آنها تغییرات در انتشار CO_2 از بخش حمل‌ونقل را به عوامل(الف) تغییر در ترکیب سوختی(ب) تغییر در شیوه‌ی حمل‌ونقل(ج) رشد اقتصادی(د) تغییر در ضرایب انتشار و(هـ) شدت انرژی در بخش حمل‌ونقل تجزیه کردند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و تغییر در شدت انرژی بخش حمل‌ونقل، عوامل اصلی رشد انتشار CO_2 از بخش حمل‌ونقل در کشورهای مورد بررسی می‌باشند. رشد اقتصادی مؤثرترین عامل در رشد انتشار CO_2 برای کشورهای آرژانتین، برزیل، کاستاریکا، پرو و اروگوئه بوده است و تغییر در شدت انرژی نیز بزرگرین اثر را در افزایش انتشار CO_2 برای کشورهای بولیوی، کارائیب، کوبا، اکوادور، گوانتاناما، هوندوراس، پاناما و پاراگوئه داشته است. فعالیت اقتصادی و شدت انرژی مؤثرترین عوامل در رشد انتشار CO_2 برای دیگر کشورهای آمریکای لاتین بوده است.

1. Schipper, Scholl and Price
2. Lakshmanan and Han
3. Timilsina and Shrestha
4. Kveiborg and Fosgerau
5. Lu, Lin and Lewis

کوییبورگ و فوسجرو (2007)[1] با استفاده از روش تجزیه‌ی شاخص دیویژیا، رفتار ترابری و ترافیک حمل بار جاده‌ای (به‌ترتیب، مقدار کیلومتر پیموده شده به ازای هر تُن بار و به ازای هر وسیله‌ی نقلیه) در کشور دانمارک را تحلیل کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که رشد ترافیک حمل بار جاده‌ای دلیل اغلبِ رشدها در عوامل مهم اثرگذار بر افزایش انتشار CO_2 می‌باشد. استفاده از وسایط نقلیه بزرگتر، افزایش در مسافت طی‌شده و افزایش در تعداد جاده‌ها، عوامل اصلی افزایش در رشد ترافیک حمل بار جاده‌ای در اثرِ فعالیت اقتصادی بوده‌است. نتیجه‌ی دیگر آن است که کاهش در وزن بار (تناژ) حمل شده با افزایش در مسافت (کیلومتر) پیموده شده، جبران شده است.

لو و همکاران (2007)[2] اثرات پنج عامل مؤثر بر انتشاردی‌اکسیدکربن ناشی از وسایط نقلیه را برای کشورهای آلمان، ژاپن، کره جنوبی و تایوان طی دوره‌ی 1990 تا 2002 مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها برای استخراج این اثرات از روش تجزیه شاخص دیویژیا استفاده کردند و انتشار CO_2 را به عواملِ ضریب انتشار، شدت سوخت وسایط نقلیه، مالکیت وسیله‌ی نقلیه، شدت جمعیت و رشد اقتصادی تجزیه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که رشد سریع اقتصادی و مالکیت وسایط نقلیه بزرگترین عوامل مؤثر بر افزایش انتشار CO_2 بوده‌اند؛ در حالی‌که شدت جمعیت به نحو قابل توجهی باعث کاهش انتشار CO_2 شده است.

پاپاگیاناکی و دیاکولاکی (2009) با در نظر گرفتن این‌که نیمی از کل انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای مربوط به ماشین‌های مسافربری است به بررسی تغییرات در انتشار CO_2 منتشره از این بخش برای دو کشور دانمارک و یونان پرداختند. نتایج تجزیه‌ی شاخص لاسپیرز برای دوره‌ی 2005-1990 نشان می‌دهد که تملک وسایط نقلیه مؤثرترین عامل در افزایش انتشار برای کشور یونان بوده‌است به طوری‌که با میزان سالانه معادل 5/6 درصد رشد کرده است. این رشد بیش از 6 برابر بیشتر از رشد مشابه برای کشور دانمارک می‌باشد.

شفیع‌پورمطلق و کمالان (1385) با تفکیک کردن ناوگان حمل‌ونقل به سه دسته شامل خودروهای سبک (سواری و وانت)، وسایط نقلیه دیزلی (اتوبوس‌ها و ...) و موتورسیکلت‌ها، به محاسبه‌ی میزان آلودگی هوای ناشی از تردد ناوگان حمل‌ونقل در شهر تهران اقدام کردند. آن‌ها با محاسبه‌ی ضرایب انتشار جدید در بخش حمل‌ونقل و تعیین میزان انتشار انواع آلاینده‌ها از ناوگان حمل‌ونقل به این نتیجه رسیدند که سهم موتورسیکلت‌ها، خودروهای سبک و وسایط نقلیه دیزلی در انتشار آلاینده‌ها در بین منابع متحرک به‌ترتیب 22، 74 و 3 درصد می‌باشد. این درحالی است که سهم موتورسیکلت‌ها در آلودگی هوای تهران از سال 1379تا 1381 به میزان 24 درصد افزایش یافته‌است.

1. Kveiborg and Fosgerau
2. Lu, Lin and Lewis

رحیمی (1381) با استفاده از نرم افزار GGIS که توسط IPCC (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم) ارائه شده‌است به محاسبه‌ی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از سوخت‌های سنگواره‌ای در بخش خانگی- تجاری، کشاورزی و حمل‌ونقل طی سال‌های 1373 تا 1378 پرداخت. روند بررسی شده تغییر انتشار گازهای گلخانه‌ای گویـای این مطلـــب است که سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در برخی موارد موجب کاهش نشر این گازها شده است.

4. بحث و استنتاج

4-1- ترکیب سوختی بخش حمل و نقل

جدول(1) سهم هر یک از انواع سوخت‌های سنگواره‌ای مورد استفاده در بخش حمل‌ونقل را نشان می‌دهد. همان‌طورکه از جدول مشخص است، سهم مصرف بنزین موتور تا سال 1385 از کل مصرف در بخش حمل‌ونقل همواره رو به افزایش بوده است. اما، در سال‌های پس از آن روندی کاهشی داشته است. سهم کاهشی مصرف بنزین طی سال‌های اخیر به علت جایگزینی گازطبیعی (CNG) به جای بنزین موتور بوده‌است. به طوری که طی سه سال 1385-1389 سهم مصرف گازطبیعی از کل مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل از حدود 1 درصد به حدود 11 درصد افزایش یافته‌است. نفت گاز، سوختی است که در حمل‌ونقل زمینی، ریلی و دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سهم مصرف این سوخت نیز در مجموع، به استثناء سال‌های 1386 و 1387 و 1389 روندی نزولی داشته است. افزایش سهم مصرف نفت گاز برای این دو سال به علت مصرف بیشتر این سوخت در حمل‌ونقل جاده‌ای بوده است. در ایران وسایط نقلیه‌ی سنگین عمدتاً از نفت گاز، حاصل از نفت خام به عنوان سوخت استفاده می‌کنند. به دلیل افزایش شمار خودروها در ناوگان دورن‌شهری و برون‌شهری، مصرف نفت گاز کشور رشد چشمگیری داشته است(شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، 1385). سوخت هوانیروز شامل سوخت سبک جت (JP4) و سوخت سنگین جت (A.T.K) می‌باشد که مصرف آن روندی کاهشی را در دوره‌ی مورد بررسی تجربه کرده است. با توجه به افزایش سهم وسایط نقلیه زمینی انتظار می‌رود که طی سال‌های آینده نیز این روند کاهشی در سهم مصرف سوخت هوایی ادامه یابد. نفت کوره تنها در حمل‌ونقل دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که سهم آن طی دوره‌ی مورد بررسی روندی یکسان نداشته و از سال 1378 تا 1385 روندی کاهشی داشته است، سپس در سال 1386 افزایش چشمگیری یافته است. گاز مایع که تنها در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد تا سال 1380 سهمی افزایشی و سپس سهم آن در کل مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل (به استثنای سال 1386 و 1388) کاهش یافته است. گاز مایع مخلوطی از هیدورکربن‌های سنگین گازی شکل از سری پارافینی است که به طور عمده از بوتان و پروپان تشـکیل می‌شود و به آسانی به گاز تبدیل

می‌شود. تبدیل این گازها به مایع نظیر گاز طبیعی مایع به دلیل سهولت در امر انتقال آنها است) شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، 1385).

جدول 1. مصرف انواع سوخت در بخش حمل و نقل

سال	ترکیب سوختی بر حسب مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل (میلیون بشکه معادل نفت خام)					
	بنزین	نفت گاز	گاز مایع	گازطبیعی	نفت کوره	سوخت هواپیما
	%	%	%	%	%	%
1376	45/04	48/89	0/40	0/0	1/71	3/97
1377	46/67	46/33	0/53	0/0	2/83	3/65
1378	45/98	46/34	0/86	0/0	3/26	3/57
1379	46/58	46/18	1/8	0/0	2/65	3/52
1380	47/39	45/55	1/15	0/1	2/50	3/40
1381	48/68	45/05	1/14	0/1	2/23	2/90
1382	51/33	42/99	0/99	0/2	2/2	2/65
1383	52/37	42/19	0/87	0/22	1/82	2/53
1384	53/19	41/18	0/69	0/72	1/67	2/55
1385	55/09	39/12	0/53	1/19	1/30	2/76
1386	48/87	42/62	0/63	2/57	2/42	2/89
1387	47/03	43/46	0/42	4/16	2/23	2/69
1388	45/20	37/26	1/64	6/43	6/61	2/85
1389	45/18	40/25	0/48	10/95	0/04	3/10

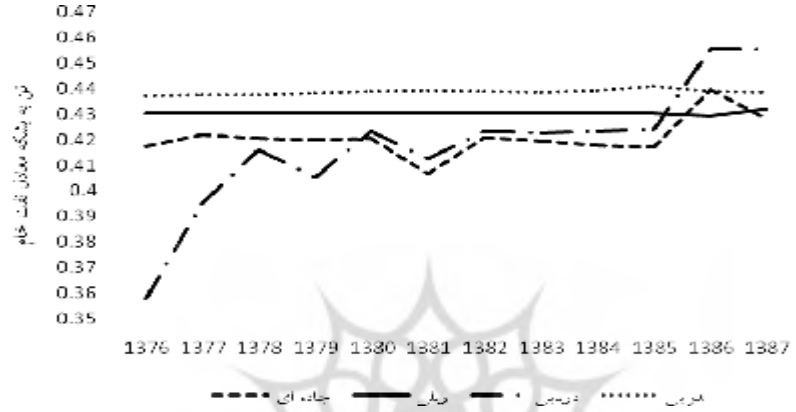
منبع: کتاب اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور و ترازنامه‌ی انرژی سال‌های مختلف.

2-4- شدت انتشار CO_2 در زیربخش‌های حمل‌ونقل

شدت انتشار زیربخش‌های مختلف حمل‌ونقل در نمودار(1) ترسیم شده است. شدت انتشار برابر است با سهم انتشار CO_2 از مصرف انرژی در بخش مورد نظر. طبق این نمودار، شدت انتشار مربوط به حمل‌ونقل جاده‌ای در دو سال 1381 و 1387 رو به کاهش گذاشته است. علت می‌تواند این باشد که گاز طبیعی از سال 1381 به عنوان سوخت مصرفی در حمل‌ونقل جاده‌ای وارد شده و گازسوز کردن خودروها از سال 1387 روندی صعودی به خود گرفته است. چون گاز طبیعی در مقایسه با بنزین به میزان کمتر آلاینده منتشر می‌کند، جایگزینی گاز طبیعی بجای بنزین به‌عنوان سوخت مصرفی خودروها عامل کاهش در شدت انتشار مربوط به حمل‌ونقل جاده‌ای است. شدت انتشار حمل‌ونقل دریایی طی دوره‌ی مورد بررسی عموماً رشد داشته است. این رشد به علت افزایش سهم مصرف نفت گاز نسبت به دیگر سوخت‌ها است. ضریب انتشار مربوط به نفت گاز بیشتر از بنزین می‌باشد. ضریب

انتشار برای هر هزار لیتر بنزین برابر با 1928/61 کیلوگرم CO_2 و برای هر هزار لیتر نفت گاز معادل 2585/15 کیلوگرم CO_2 است (شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، 1385). ضریب انتشار مربوط به حمل‌ونقل هوایی و ریلی طی دوره‌ی مورد بررسی تغییر چندانی نداشته‌اند.

نمودار 1. شدت (ضریب) انتشار زیربخش‌های مختلف حمل و نقل



منبع داده‌ها: ترازنامه انرژی سال‌های مختلف و کتاب اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور

3-4- تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)

در این بخش، روشی برای تجزیه‌ی رشد انتشار CO_2 بخش حمل‌ونقل معرفی می‌شود. این مدل با توجه به دو عامل(الف) داده‌های در دسترس(ب) ارتباط متغیرها با هم در انتشار CO_2 تدوین شده است. تکنیک تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI) جزء دقیق‌ترین تکنیک‌های تجزیه شاخص موجود می‌باشد و توسط توسط آنگ و چوی (1997) معرفی شده‌است. رویکرد LMDI در مطالعات بسیاری به کار گرفته شده است. اما این تکنیک با مشکلِ وجود اعداد صفر در داده‌ها مواجه است. برای حل این مشکل، آنگ و همکاران(1998) استفاده از عددی بسیار کوچک (δ = 10-10 - 10-20) به جای عدد صفر در سری داده‌ها را پیشنهاد دادند. وود و لنزن (2006)[1] راه حل دیگری برای حل مشکلِ وجود عدد صفر در مجموعه‌ی داده‌ها ارائه دادند. راه حل آن‌ها بیشتر برای استفاده از تجزیه‌ی ساختاری کاربرد دارد که در آن تعداد ارقام صفر در مجموعه اعداد نسبتاً زیاد است و ارقام غیر صفر نیز معمولاً مقادیر بالایی هستند. با این وجود، استفاده از این روش برای مدل‌های LMDI نیز می‌تواند مفید باشد (آنگ و لی، 2007). با توجه به دقت و کاربرد تکنیک LMDI، در این مطالعه از تکنیک LMDI جمع‌پذیر برای تجزیه‌ی تغییر در انتشار ناشی از بخش

1. Wood and Lenzen

حمل‌ونقل استفاده می‌شود. به دلیل عدم استفاده از برخی سوخت‌ها در شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل کشور، ارقام صفر نیز در مجموعه‌ی اعداد مرتبط با مصرف انرژی و انتشار CO_2 وجود دارد. برای حل این مشکل در اینجا همانند انگ و همکاران (1998) از $\delta = 10\text{-}100$ به جای ارقام صـــفر استفاده می‌شود.

فطرس و براتی (1389) نیز در مطالعه‌ی خود از تکنیک LMDI برای بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی استفاده کرده‌اند که در اینجا نیز روشی مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به داده‌های مربوط به مصـــرف انرژی و انتشار ناشی از بخش حمل‌ونقل در چهار نوع ترابری (جاده‌ای، ریلی، دریایی و هوایی) و شش نوع سوخت (بنزین، نفت گاز، گاز مایع، گازطبیعی، نفت کوره، سوخت هواپیما (JP4 و A.T.K)) مدل ارائه شده برای تجزیه‌ی انتشار CO_2 در کل بخش حمل‌ونقل به صورت زیر ارائه می‌شود. انتشار CO_2 کل بخش حمل‌ونقل در سال t برابر است با مجموع انتشار CO_2 از تمام سوخت‌هایی (نفت گاز، بنزین، گاز مایع، گازطبیعی، نفت کوره، JP4 و A.T.K) که در تمام شیوه‌های حمل‌ونقل (جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی) مصرف می‌شود:

$$CO2_t = \sum_{ij} CO2_{ijt} \qquad (1)$$

برای تجزیه‌ی انتشار به عواملی که آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند، رابطه‌ی(1) می‌تواند به‌صورت زیر بیان شود:

$$CO2_t = \sum_{ij} \frac{CO2_{ijt}}{FC_{ijt}} \times \frac{FC_{ijt}}{FC_{jt}} \times \frac{FC_{jt}}{FC_t} \times \frac{FC_t}{GDP_t} \times \frac{GDP_t}{GDP_{Tt}} \times \frac{GDP_{Tt}}{POP_t} \times POP_t \qquad (2)$$

که در آن متغیر وابسته، CO2 منتشر شده از کل بخـــش حمـــل‌ونـقل در سال t می‌باشـد. اندیس‌های i و j به ترتیب نوع سوخت (بنزین، نفت گاز و ...) و شیوهٔ حمل‌ونقل (جاده‌ای، هوایی و ...) را نشان می‌دهند. لذا داریم:

$CO2_{ijt}$ دی‌اکسیدکربن منتشره شده از سوخت iام و زیر بخش حمل‌ونقل jام در سال t.

FC_{ijt} مصرف سوخت i توسط بخش j در سال t.

FC_{jt} مصرف کل سوخت توسط بخش j در سال t.

FC_t کل مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل (مصرف تمام سوخت‌ها توسط کل زیربخش‌های حمل و نقل) در سال t.

GDP_t ارزش افزوده کل بخش حمل‌ونقل در سال t.

POP_t جمعیت کشور در سال t.

و GDP_{Tt} تولید ناخالص داخلی کشور در سال t می‌باشد.

رابطه‌ی (2) را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت، اثرات مختلف را از هم تفکیک کرد و به طور مجزا آنها را بررسی کرد:

$$CO2_t = \sum_{ij} EC_{ijt} \times FM_{ijt} \times MM_{jt} \times EI_t \times PC_t \times G_t \times P_t \quad (3)$$

که در آن، EC ضریب انتشار یا شدت انتشار CO_2 از یک سوخت مشخص می‌باشد ($\frac{CO2_{ijt}}{FC_{ijt}}$ نسبت دی‌اکسیدکربن به مصرف سوختی است که گاز CO_2 را منتشر کرده است)، FM ترکیب سوختی می‌باشد(سهم سوخت در زیربخش حمل و نقل)، MM اثرِ مربوط به شیوه حمل‌ونقل است (سهم مصرف انرژی در زیربخشی خاص نسبت به کل مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل)، EI شدت انرژی در بخش حمل‌ونقل است، PC به ساختار اقتصاد (سهم بخش حمل‌ونقل از کل GDP) را نشان می‌دهد، P رشد جمعیت برای سال t و G فعالیت اقتصادی به‌صورت سرانه در سال t است.

(4)

$$CO2_t - CO2_{t-1} = \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{EC_{ijt}}{EC_{ijt-1}} + \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{FM_{ijt}}{FM_{ijt-1}} + \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{MM_{jt}}{MM_{jt-1}} + \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{EI_t}{EI_{t-1}} + \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{PC_t}{PC_{t-1}} + \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} + \sum_{ij} \widetilde{w}_{ijt} \times \ln \frac{G_t}{G_{t-1}}$$

که در آن:

$$\widetilde{w}_{ijt} = \frac{CO2_{ijt} - CO2_{ijt-1}}{\ln CO2_{ijt} - \ln CO2_{ijt-1}} \quad for\ CO2_{ijt} \neq CO2_{ijt-1} \quad (5)$$

و

$$\widetilde{w}_{ijt} = CO2_{ijt} \quad for\ CO2_{ijt} = CO2_{ijt-1} \quad (6)$$

$$\Delta CO2_t = EC_{effect} + FM_{effect} + MM_{effect} + EI_{effect} + PC_{effect} + G_{effect} + P_{effect}$$

اولین عبارت در طرف راست رابطه‌ی(4) و رابطه‌ی(6) اثرِ ضریب انتشار را بیان می‌کند. لازم است توجه داشت که فرض می‌شود ضرایب انتشار برای سوخت‌های هیدروکربوری در طی زمان ثابت می‌مانند. عبارت دوم و سوم در سمت راست رابطه‌ی(4) به ترتیب، اثراتِ تغییر در ترکیب سوختی و شیوه‌ی حمل‌ونقل را نشان می‌دهند. عبارت چهارم، اثرِ شدت انرژی در بخش حمل‌ونقل و عبارت پنجم تغییرات ساختاری را نشان می‌دهد. سرانجام، عبارت ششم و هفتم اثرِ فعالیت اقتصادی (به صورت سرانه) و اثرِ رشد جمعیت را نشان می‌دهند.

4-4- تجزیه‌ی شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI)

تجزیه‌ی شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI) تنها در ضریب Wijt از LMDI متفاوت می‌باشد. تکنیک AMDI جمع‌پذیر به وسیله‌ی بوید، هانسون و استرنر (1988) و تکنیک AMDI افزاینده توسط بوید و همکاران (1987) پیشنهاد شد. ضریب Wijt برای تکنیک AMDI جمع‌پذیر به صورت زیر می‌باشد.

$$w'_{ijt} = \frac{CO2_{ijt} + CO2_{ijt-1}}{2} \quad (7)$$

تکنیک AMDI دو کاستی دارد:(الف) این تکنیک می‌تواند در شرایط زیر، باقیمانده‌های زیادی داشته باشد (با مقادیر واقعی تفاوت زیادی داشته باشد): 1. در تجزیه‌ی بین کشوری که تنوع در داده‌ها بین دو کشور زیاد باشد؛ 2. در تجزیه داده‌های سالانه‌ی پیوسته با دوره‌ی زمانی طولانی که انباشت باقیمانده‌ها باعث افزایش در باقیمانده‌ی کل دوره می‌شود؛ 3. در تجزیه‌ی داده‌های سالانه‌ی ناپیوسته که دو سال مورد بررسی فاصله‌ی زمانی طولانی‌ای از هم داشته باشند. (ب) نقصان دومِ روش‌های AMDI مربوط به زمانی است که ارقام صفر در مجموعه‌ی داده‌ها وجود داشته باشد. این اتفاق زمانی می‌افتد که یک منبع انرژی تازه ایجاد شده یا در بخشی خاص در دوره‌ی مورد مطالعه وارد مجموعه‌ی داده‌ها شود (آنگ، 2004).

4-5- داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق با توجه به داده‌های در دسترس به صورت سالانه از 1376 تا 1389 می‌باشند. ارقام مصرف انرژی و انتشار CO_2 از ترازنامه انرژی (سال‌های مختلف)، کتاب اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور و سالنامه‌ی آماری راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای گردآمده است. این داده‌ها برای مصرف انرژی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام و برای انتشار CO_2 بر حسب تن می‌باشد. داده‌های مربوط به ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل و جمعیت از بانک مرکزی ایران تهیه شده است. سوخت‌های مورد استفاده در بخش حمل‌ونقل شامل بنزین موتور، نفت گاز، گازطبیعی (CNG)، گاز مایع (LNG)، نفت کوره، سوخت سبک و سنگین جت (JP4 و A.T.K) می‌باشند. از آنجا که مصرف برق این بخش بسیار کم بوده است، میزان انتشار CO_2 ناشی از آن نیز ناچیز می‌باشد و داده‌های آن نیز برای زیربخش‌های حمل‌ونقل به‌طور مجزا موجود نیست؛ لذا، در سوخت‌های مورد بررسی لحاظ نشده است. مجموعه‌ی داده‌های مورد بررسی شامل داده‌های مربوط به حمل توسط خط لوله نمی‌باشد. شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل نیز چهار نوع جاده‌ای، دریایی، ریلی و هوایی است.

به علت عدم استفاده از برخی سوخت‌ها در شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل در کشور، ارقام صفر نیز در مجموعه‌ی اعداد مرتبط با مصرف انرژی و انتشار CO_2 وجود دارد؛ به عنوان مثال، در حمل‌ونقل جاده‌ای از نفت کوره و سوخت هوایی استفاده نمی‌شود. برای حل این مشکل در اینجا همانند انگ و همکاران (1998) عمل شد و از $\delta = 10\text{-}100$ به جای ارقام صفر استفاده شد.

داده‌های مربوط به انتشار CO_2 از زیربخش‌های حمل‌ونقل از سال 1376 موجود است. اما داده‌های انتشار CO_2 از سوخت‌های مربوط به این بخش‌ها تنها از سال 1380 موجود می‌باشد. با توجه به اینکه میزان مصرف انواع سوخت برای زیربخش‌های حمل‌ونقل از سال 1376 در دسترس می‌باشد و ضریب انتشار مربوط به هر واحد سوخت سنگواره‌ای ثابت فرض می‌شود (البته با توجه به شیوه‌ی مصرف و نحوه‌ی سوختن)، داده‌های مربوط به انتشار CO_2 برای سال‌های 1376 تا 1379 با به کارگیری ضرایب انتشار برای هر سوخت، محاسبه شد تا دوره‌ی مورد مطالعه بزرگ‌تر و تحلیل‌های ارائه شده قابل اتکاءتر شوند.

6-4- نتایج

بخش حمل‌ونقل طی دوره‌ی 1376 تا 1389 رشد قابل توجهی در انتشار CO_2 را تجربه کرده‌است. به طوری که طی این 14 سال، انتشار دی‌اکسیدکربن این بخش به حدود سه برابر افزایش یافته است. شدت عوامل مؤثر بر این افزایش، طی دوره‌ی مورد بررسی متفاوت می‌باشد. نتایج تجزیه جمع‌پذیر برای رشد انتشار CO_2 از بخش حمل‌ونقل به ترکیب سوختی، شیوه‌ی ترابری، ضرایب انتشار، فعالیت اقتصادی، ساختار اقتصادی، شدت انرژی و جمعیت، برای دوره‌های یک ساله و برای کل دوره‌ی مورد بررسی، در جدول (2) ارائه شده است. فعالیت اقتصادی و رشد جمعیت، عوامل غالب در رشد انتشار CO_2 برای تمام سال‌ها بوده‌اند. البته ساختار اقتصادی برای دوره‌ی 1384-1387 اثر بسیاری بر انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل داشته است. تولید ناخالص داخلی سرانه برای کل سال-های مورد بررسی، به جز برای سال 1378، همواره رشد داشته است. این مسأله باعث شده است تا بجز دوره 1384-1387، اثرِ فعالیت اقتصادی سرانه در دیگر دوره‌ها مثبت باشد. هرچه میزان رشد اقتصادی بیشتر و میزان رشد جمعیت کمتر شود، نقش فعالیت اقتصادی در افزایش انتشار بیشتر خواهد شد. تغییر در ساختار اقتصادی در ارتباط با سهم ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل از کل تولید ناخالص داخلی است. نتایج نشان می‌دهد که در برخی سال‌ها این اثر منفی و در برخی سال‌ها این اثر مثبت بوده است. اثرِ تغییرات ساختاری برای دوره‌ی 1382-1387 همواره مثبت می‌باشد که در واقع، عامل افزایش انتشار CO_2 بخش حمل‌ونقل بوده است. تغییر در شدت انرژی در بیشتر سال‌ها اثری کاهشی بر تغییر در انتشار CO_2 داشته است؛ به طوری‌که طی سال‌های 1384 تا 1387 اگر شدت انرژی اثری منفی بر رشد انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل نمی‌گذاشت، بین 5 تا 11 درصد

بر انتشار دی‌اکسیدکربن منتشره این بخش افزوده می‌شد. تغییر در ترکیب سوختی و شـــیوه‌ی حمل‌ونقل نیز همانند شدت انرژی در بیشتر سال‌ها اثری منفی بر رشد انتشار CO_2 در بخش حمـــل‌ونقل داشته‌اند؛ اما شدت اثرات آنها کمتر از شدت اثرِ شدت انرژی بوده است (هرچند اثر کاهشی تغییر در ترکیب سوختی بیشتر از تغییر در شیوه‌ی حمل‌ونقل بوده‌است). با وجود این‌که بعد از سال 1385 به علت دوگانه‌سوز 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. از سوختن گازطبیعی، CO_2 کمتری منتشر می‌شود. این امر باعث اثرِ منفی تغییر ترکیب سوختی بر انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل شده است. البته مزیت استفاده از گاز طبیعی بیشتر در کاهش گاز سمی CO است که بنزین موتور مقدار زیادی از آن را تولید می‌کند. طی دوره‌ی مورد بررسی هر چند که تغییراتی در نحوه‌ی حمل‌ونقل داشته‌ایم (افزایش در حمل‌ونقل ریلی و مترو) اما این تغییرات در مقایسه با کل حجم حمل‌ونقل موجود کوچک بوده و نتوانسته است اثر زیادی بر انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل بگذارد. با این‌حال، تغییر در شیوه‌ی حمل‌ونقل اثری منفی بر انتشار CO_2 داشته است. این اثرِ منفی می‌تواند به دلیل تقویت ناوگان ریلی و اســـتفاده از متـــرو باشد. حمل‌ونقل ریلی کم آلاینده‌ترین نوع حمل‌ونقل می‌باشد. به طوری که بین 10 تا 85 درصد کمتر از دیگر انواع حمل و نقل، سوخت مصرف می‌کند. همچنین، جابجایی مسافر و بار در هر تردد قطار بسیار فراتر از انواع دیگر حمل‌ونـــقل می‌باشـــد. بنا بر مطالعه‌ی فروزنده (1388)، حمل‌ونقل ریلی 700 برابر امن‌تر از حمل‌ونقل جاده‌ای و 200 برابر امن‌تر از حمل‌ونقل هوایی است. اثرات آلودگی صوتی اتومبیل‌های جاده‌ای 15 برابر لکوموتیو می‌باشد. ضریب انتشار برای دوره 1386-1389 اثر قابل توجهی بر افزایش انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل داشـــته است. ضریب انتشار اگر چه در سال‌های مختلف اثرات متفاوتی بر رشد انتشار CO_2 داشته است؛ اما در مجموع و برای کل دوره‌ی مورد بررسی، اثری مثبت بر افزایش انتشار داشته و از این رو توجه به این عامل می‌تواند اثری مهم بر تغییرات انتشار داشته باشد. با توجه به اینکه ضریب انتشار مربوط به سوخت‌های سنگواره ای و هیدروکربوری به مرور زمان تقریباً ثابت می‌ماند، انتظار می‌رود که تغییر در ضریب انتشار نتواند اثر بسیاری بر رشد انتشار CO_2 داشته باشد.

جدول 2 . نتایج تجزیه‌ی شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی برای انتشار ناشی از بخش حمل‌ونقل

واحد: تن CO_2

دوره	تغییر در اثر ضریب انتشار	تغییر در اثر ترکیب سوختی	تغییر در اثر شیوه حمل و نقل	تغییر در اثر شدت انرژی	تغییر در اثر تغییرات ساختاری	تغییر در اثر فعالیت اقتصادی	تغییر در اثر جمعیت
1376-77	-167/58	-264/43	7/15	1330/50	-334/66	697/06	1016/55
1377-78	386/34	41/35	5/27	-4672/29	6992/33	-56/05	1066/83
1378-79	-241/09	-39/80	-17/67	1947/14	-204/87	2149/04	1137/15
1379-80	-149/16	-88/00	-19/60	661/00	917/94	1121/37	1204/23
1380-81	98/78	-115/33	-59/30	159/02	-622/10	4876/62	1163/40
1381-82	75/09	-345/79	-33/60	-1296/37	-400/64	4893/68	1237/45
1382-83	-163/33	-157/00	-18/81	-3346/82	3116/63	4048/20	1304/08
1383-84	18/18	-193/91	-1/95	1389/92	86/31	4773/72	1396/59
1384-85	93/42	-409/49	17/33	-4806/17	4276/01	4750/61	1557/13
1385-86	-30/43	627/37	72/52	-10449/58	2359/94	5013/22	1467/43
1386-87	12162/67	-121/47	-18/70	-8084/29	4677/81	1709/26	1612/83
1387-88	-34/4325	-63/914	37/646	46/11174	-54/1306	21/5488	68/1844
1388-89	61/2	-11/3662	26/1392	-89/16960	39/3108	67/5028	14/1832
1376-89	24/5971	24/1191	67/108	-54/30712	93/17642	81/54269	12/16713

منبع: یافته‌های تحقیق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول 3 . نتایج تجزیه‌ی شاخص دیویژیای میانگین حسابی برای انتشار ناشی از بخش حمل‌ونقل

واحد: تن CO_2

دوره	تغییر در اثر ضریب انتشار	تغییر در اثر ترکیب سوختی	تغییر در اثر شیوه حمل و نقل	تغییر در اثر شدت انرژی	تغییر در اثر تغییرات ساختاری	تغییر در اثر فعالیت اقتصادی	تغییر در اثر جمعیت	تفاوت با مقدار واقعی
1376-77	-169	-258	70	1333	-335	698	1017	-71
1377-78	387	47	6	-4675	6996	-56	1066	-8
1378-79	-241	-37	-18	1948	-205	2150	1138	-4
1379-80	-109	637	-20	661	917	1122	1205	-767
1380-81	99	-115	-59	159	-622	4878	1164	-4
1381-82	75	-346	-34	-1296	-401	4893	1237	0
1382-83	-163	-157	-19	-3347	3116	4048	1304	0
1383-84	18	-193	-2	1390	86	4773	1396	0
1384-85	93	-409	17	-4806	4276	4750	1557	0
1385-86	-30	627	72	-10450	2359	5013	1467	0
1386-87	12162	-121	-19	-8084	4677	1709	1612	0
1376-87	9235	96	11	-23501	20980	33414	14643	0
1387-88	-4325	-915	646	11174	-1307	5489	1844	0
1388-89	3	-3662	1392	-16961	3108	5029	1832	0
1376-89	5971	1191	109	-30713	17643	54269	16714	0

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول(3) نتایج تجزیه شاخص دیویژیای میانگین حسابی جمع‌پذیر را برای تغییر در انتشار CO_2 بخش حمل‌ونقل نشان می‌دهد. نتایج تجزیه‌ی شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI) همواره با مقادیر حقیقی تفاوت‌هایی دارد. این تفاوت‌ها را به عنوان باقیمانده یا پسماندهای حاصل از محاسبه‌ی روابط AMDI نشـــان می‌دهند. همان‌طورکه در معرفی روش‌های مختلف تجزیه‌ی شاخص بیان شد، بجز تکنیک LMDI بقیـــه‌ی روش‌های تجـــزیه شاخـص دارای باقیمانده‌هایی هستند که اگر مقـــدار قابل توجهی باشـــند از دقت در انجام کار می‌کاهـــند. از جدول (3) پیداست، مقادیر محاسبه شده توسط تکنیک AMDI بجز برای دوره‌های 77-1376 ، 80-1379 در بقیه‌ی موارد مقدار بسیاری کوچکی است و می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. تفاوت ایجاد شده با مقدار واقعی تغیـــیر در انتشار CO_2 برای این دو دوره، می‌تواند به این علت باشد که از سال 1380 به بعد از گازطبیعی به‌عنوان سوخت در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای استفاده شد. این عامل باعث می‌شود اختلافاتی در نتایج نهایی حاصل شود. همان‌طور که پیشتر بیان شد، ایجـاد منبع جدیدی در

مجموعه‌ی داده‌ها می‌تواند باعث افزایش در میزان باقیمانده‌های مربوط به تکنیک تجزیه‌ی AMDI شود. باقیمانده‌های نسبتاً زیاد در دو سال مورد اشاره، تغییری در نتایج کلی نداشته‌اند به طوری‌که نتایج به دست آمده از روشِ AMDI نشان می‌دهد تغییرات در فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری و رشد جمعیت بیشترین عامل اثرگذار بر رشد انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل بوده‌اند. این نتایج دقیقاً مشابه نتایج به دست آمده از تکنیک LMDI است که در بالا ارائه شدند.

نتایج کل دوره‌ی مورد بررسی نشان می‌دهد که برای کل این دوره، فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری و رشد جمعیت با مقادیر 54269، 17643 و 16714 هزار تن CO_2 به ترتیب بیشترین اثر را بر تغییر در انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل‌ونقل داشته‌اند. تغییر در اثرِ شدت انرژی با ارزش 30713- در دوره‌ی 14 ساله‌ی مورد بررسی، بیشترین نقش را در کاهش انتشار CO_2 برای بخش حمل‌ونقل داشته است. شیوه‌ی حمل‌ونقل نیز کمترین تأثیر را در کل دوره‌ی مورد بررسی بر رشد انتشار CO_2 از بخش حمل‌ونقل داشته است.

این نتایج مشابه نتایجی است که تیمیلسینا و شرستا (a2009) برای دیگر کشورهای آسیایی به‌دست آورده‌اند. البته، مطالعه حاضر اثرِ تغییرات ساختاری را نیز بررسی کرده است؛ تیمیلسینا و شرستا (a2009) آن‌را در مدلشان لحاظ نکرده بودند.

5. نتیجه‌گیری

تدوین مناسب سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش انتشار CO_2 نیازمند شناسایی دقیق مؤلفه‌های مؤثر برآن است. در این مطالعه برای بررسی عوامل کلان مؤثر بر رشد انتشار CO_2 بخش حمل‌ونقل از تکنیک تجزیه‌ی شاخص دیویژیا استفاده شد. برای مقایسه و تحلیل دقیق‌تر، این عوامل به صورت سال به سال محاسبه شدند و روند تغییر آنها بررسی شد. نتایج به دست آمده از تکنیک LMDI نشان داد که سه عاملِ رشد اقتصادی سرانه، تغییرات ساختاری و رشد جمعیت، مؤثرترین عوامل بر افزایش انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل بوده‌اند. این در حالی است که تغییرات در شدت انرژی، ترکیب سوختی و شیوه‌ی حمل و نقل، نقشی کاهشی در انتشار CO_2 بازی کرده‌اند. نتایج به دست آمده از تکنیک AMDI یافته‌های حاصل از روش LMDI را تأیید می‌کنند. تغییر در شیوه‌ی حمل‌ونقل و ترکیب سوختی می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر کاهش انتشار CO_2 در بخش حمل‌ونقل داشته باشد. افزایش حمل‌ونقل ریلی، نوسازی ناوگان حمل و نقل، افزایش استفاده از ناوگان حمل‌ونقل عمومی (شامل مترو)، استفاده از سوخت‌هایی با آلایندگی کمتر و سوخت‌های پاک از جمله عواملی هستند که می‌توانند نقش مؤثری بر کاهش رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل ایفا کنند. توصیه‌های سیاستی ارائه شده برای کاهش در انتشار گاز گلخانه‌ای بخش حمل‌ونقل به صورت زیر می‌باشد؛

ابزارهای مالی از قبیل یارانه‌ها برای حمل‌ونقل عمومی، سوخت‌های پاک و وسایط نقلیه با آلایندگی کمتر در تغییر ترکیب سوختی و تغییر در شیوه‌ی حمل‌ونقل مفید است. به علاوه، ابزارهای تنظیمی از قبیل استانداردهای کارآیی وسایط نقلیه، استانداردهای استفاده از وسایط نقلیه، هزینه‌های تراکم بار و سرمایه‌گذاری‌ها در حفظ و نگاه‌داری جاده‌ها همچنین برای کاهش شدت انرژی بخش حمل‌ونقل و کاهش در انتشار CO_2 این بخش مورد نیاز است. ابزارهای سیاستی برای حرکت به سوی استفاده از سوخت‌های جایگزین از جمله گازطبیعی می‌تواند در کاهش رشد انتشار CO_2 مؤثر باشند.

منابع

- رحیمی، نسترن(1381)؛ بررسی روند نشر گازهای گلخانه‌ای در بخش خانگی-تجاری، کشاورزی و حمل‌و-نقل در ایران، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، 15: 63-78.
- رزمی، سیدعلی‌اکبر و آذری، لطفعلی(1386)؛ حمل‌ونقل غیررسمی در استان خراسان رضوی، *مجله دانش و توسعه*، شماره‌ی 20، نیمه‌ی اول سال 1386.
- سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای (سال‌های مختلف)، دفتر فناوری اطلاعات، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای.
- سورمه، امیررضا(1386)؛ اثرات کارکردی سامانه ریلی حمل‌ونقل عمومی بر اقتصاد، محیط زیست و اجتماع، نهمین همایش حمل‌ونقل ریلی، دانشگاه علم و صنعت، تهران.
- شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت(1388)؛ اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور (1385) و (1386)، تهران؛ لوح نگار، تعداد صفحات 220.
- شفیع‌پور مطلق، مجید و کمالان، حمیدرضا(1386)؛ بررسی میزان انواع آلاینده‌های ناشـــی از ناوگان حمـــل‌ونقل شهر تهران، *فنی و مهندسی مدرس، 29، (ویژه نامه مهندسی عمران)*: 71-78.
- عباسی‌نژاد، حسین؛ وافی نجار، داریوش(1383)؛ بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل‌ونقل با روش TSLS (1350-1379)، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره‌ی 66: 113-137.
- فروزنده، کاظم(1388)؛ مقایسه اثرات زیست‌محیطی حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای، *مجله راه ابریشم*: 46-49 (نخستین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، 1386، دانشگاه تهران.
- فطرس، محمدحسن؛ براتی، جواد(1389)؛ تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی ایران، 1386-1378، *فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، دوره‌ی 1، شماره‌ی 1: 135-154.
- محمودی، علی؛ کشاورز حداد، غلامرضا؛ فقیه جویباری، مجید(1384)، تحلیل اهمیت صنعت حمل‌ونقل در اقتصاد ایران با استفاده از تکنیک داده ستانده، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، شماره‌ی 34: 87-116.
- وزارت نیرو – معاونت امور انرژی، ترازنامه‌ی انرژی، سال‌های مختلف، (1376 – 1387).

- Ang BW, Zhang FQ. (2000) "A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Environmental Studies", *Energy*; 25(12: 1149–76;
- Ang BW. (1994) "Decomposition of Industrial Energy Consumption: The Energy Intensity Approach" *Energy Economics*; 16(3: 163–74
- Ang BW, Lee SY. (1994) "Decomposition of Industrial Energy Consumption: Some Methodological and Application Issues", *Energy Economics*; 16(2): 83–92.
- Ang, B.W. (2004), "Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which is the Preferred Method?" *Energy Policy*, 32: 1131–1139.
- Ang, B.W., Zhang, F.Q., Choi, K.-H., (1998), "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition", *Energy* 23: 489–495
- Ang, B.W. & Choi, K.H., (1997) "Decomposition of Aggregate Energy and Gas Emission Intensities for Industry: a Refined Divisia Index Method" *The Energy Journal* 18 (3): 59–73.
- Ang, B.W. & Liu, Na., (2007) "Handling Zero Values in the Logarithmic Mean Divisia Index Decomposition Approach" *Energy Policy* 35: 238–246;
- Boyd GA, Hanson DA, Sterner T. (1988) "Decomposition of Changes in Energy Intensity — A Comparison of the Divisia Index and Other Methods" *Energy Economics*; 10(4): 309–12;
- Boyd GA, McDonald JF, Ross M, Hanson DA, (1987) "Separating the Changing Composition of US Manufacturing Production from Energy Efficiency Improvements: A Divisia Index Approach", *The Energy Journal*; 8(2): 77–96.
- Chung, H.S and H.C. Rhee (2001) "A Residual-Free Decomposition of the Sources of Carbon Dioxide Emissions: A Case of the Korean Industries" *Energy* 26(1): 15-30
- Diakoulaki, D. & Mavrotas, G. & Orkopoulos, D. & Papayannakis, L. (2006) "A Bottom-Up Decomposition Analysis of Energy-Related CO2 Emissions in Greece", *Energy* 31: 2638–2651.
- Granel, F. (2003)" A Comparative Analysis of Index Decomposition Methods", A Thesis Submitted For the Degree of Master of Engineering, Department Industrial and Systems Engineering, National University of Singapore
- Howarth RB, Schipper L, Duerr PA, Strøm S. (1991) "Manufacturing Energy Use in Eight OECD Countries" *Energy Economics*; 13(2): 135–42.
- Kveiborg, O., Fosgerau, M. (2007), "Decomposing the Decoupling of Danish Road Freight Traffic Growth and Economic Growth" *Transport Policy* 14: 39–48.
- Lakshmanan, T., Han, X. (1997), "Factors Underlying Transportation CO2 Emissions in the USA: A Decomposition Analysis" *Transportation Research Part D2* (1): 1–15.
- Liu XQ, Ang BW, Ong HL. (1992) "The Application of the Divisia Index to the Decomposition of Changes in Industrial Energy Consumption"; *The Energy Journal*; 13(4): 161–77.
- 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* 35 (6): 3226–3235.

- Papagiannaki, K. and Diakoulaki, D. (2009) "Decomposition Analysis of CO2 Emissions from Passenger Cars; The Cases of Greece and Denmark", Energy policy, v. 37, no 8: 3259-3267.
- Park SH. (1992) "Decomposition of Industrial Energy Consumption — an Alternative Method", *Energy Economics*; 14(4): 265–70.
- Schipper, L., Marie-Lilliu, C., Gorham, R. (2000), "Flexing the Link between Transport Greenhouse Gas Emissions: A Path for the World Bank", *International Energy Agency*, Paris.
- Schipper, L., Scholl, L., Price, L. (1997) "Energy Use and Carbon from Freight in Ten Industrialized Countries: an Analysis of Trends from 1973–1992" *Transportation Research—Part D: Transport and Environment* 2 (1): 57–76.
- Scholl, L., Schipper, L., Kiang, N. (1996) "CO2 Emissions from Passenger Transport: A Comparison of International Trends from 1973 to 1992" *Energy Policy* 24 (1): 17-30.
- Stuvel, G. (1989), "The Index Number Problem and its Solution", *MacMillan, Basingstoke, U.K*.
- Timilsina, G.R., Shrestha, A. (b2009). "Factors Affecting Transport Sector CO2 Emissions Growth in Latin American and Caribbean Countries: an LMDI Decomposition Analysis", *International Journal of Energy Research* 33: 396–414.
Timilsina, G.R., Shrestha, A. (a2009), "Transport Sector CO2 Emissions Growth in Asia: Underlying Factors and Policy Options" *Energy Policy* 37: 4523–4539.
- Wood, R. & Lenzen, M. (2006), "Zero-Value Problems of the Logarithmic Mean Divisia Index Decomposition Method" *Energy Policy* 34: 1326–1331.
- Wu, L., Kaneko, S., Matsuoka, S. (2005) "Driving Forces behind the Stagnancy of China's Energy-Related CO2 Emissions from 1996 to 1999: the Relative Importance of Structural Change, Intensity Change and Scale Change", *Energy Policy* 33 (3): 319–335.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Decomposition of CO2 Emissions of Iranian Transport Sector in Sub-sectors and Component Fuels An Application of Decomposition Analysis of Divisia Index

Mohammad Hassan Fotros[1], Javad Baraty[2]

Abstract

The identification of key factors driving CO_2 emissions is essential for the formulation of effective climate change mitigation policies and strategies. Transportation, as a linkage between different parts of the economy, has of more than 23 percent of the country's CO_2 emissions. This study analyzes the factors affecting CO_2 emissions of fossil fuel consumption in the Iranian transport sector for the period 1997-2010. For this purpose, Decomposition Analysis of Logarithmic Mean Divisia Index and Arithmetic Mean Divisia Index are employed. Factors influencing CO_2 emissions are coefficient of emission, energy intensity, changes in fuel mix, mode of transportation, structural changes, per capita economic income, and population growth. Results show that economic activity, structural changes, and population growth have respectively the greatest impacts on the CO_2 emissions growth in Iranian transport sector. Energy intensity has had a reductive role in CO_2 emissions for the whole transportation sector. Results obtained from different decomposition methods, are in concordance.

Keywords: CO_2 emissions, energy intensity, transport sector, index decomposition technique

JEL Classification: Q43, Q56. Q4

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 . Associate professor, faculty of Economy and Social Sciences of Bu-Ali Sina University
2 . Researcher at department of urban economics, Khorasan Razavi Jihad-e-Daneshgahi,. Mashad, I.R. of Iran.

فصل نامه مطالعات اقتصادی کاربردی در ایران
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه بوعلی‌سینا (*نویسنده مسئول) **Email:** fotros@basu.ac.ir
2. پژوهشگر و عضو گروه پژوهشی اقتصاد شهری جهاد دانشگاهی مشهد **Email:** j_baraty@yahoo.com