

تحلیل تجزیه‌ی ساختاری آلودگی در ایران: رهیافت داده - ستانده

زین‌العابدین صادقی^{*۱}

حمیدرضا حرّی^۲

آزاده محمدمیرزایی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۷

چکیده

در این مطالعه سعی بر تحلیل تجزیه انتشار CO_2 به سه اثر ساختاری لئونتیف، تقاضای نهایی و شدت انتشار؛ با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری SDA و سپس مقایسه بین آن‌ها می‌باشد. روش SDA از دو خانواده لاسپیرز و دیویژیا تشکیل شده است. از آن‌جا که استفاده از روش SDA مستلزم داشتن جداول داده- ستاده می‌باشد؛ از جداول ۱۳۶۵-۱۳۷۰ و ۱۳۸۰-۱۳۸۵ استفاده می‌شود. همچنین در جهت همسان‌سازی جداول ۱۳۸۰-۱۳۸۵ از روش رأس برای به‌دست آوردن ماتریس مبادلات بین‌بخشی استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در سطح گروه‌ها سه اثر مذکور عمدتاً در جهت افزایش انتشار مشارکت دارند (در هر دو مقایسه ۱۳۶۵-۱۳۷۰ و ۱۳۸۰-۱۳۸۵). در حالی که در سطوح زیرگروه‌ها، در سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۰ نزدیکی بالایی بین سه روش در اثر شدت انتشار مشاهده می‌شود؛ اما در سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۵ چنین نزدیکی و تقریبی مشاهده نمی‌شود.

کلید واژه‌ها: تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)، شدت آلودگی، مصرف انرژی، تحلیل داده- ستاده

طبقه‌بندی JEL: C67, P28, Q43, Q54, Q56, R15

Email: abed_sadeghi@yahoo.com

۱. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول)

Email: horryhr@yahoo.com

۲. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان

Email: a.mohamdmizaye@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد علوم اقتصادی

۱. مقدمه

افزایش گرمای زمین و آثار منفی آن طی دهه‌های اخیر واقعیت انکارناپذیر است. انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی و سایر فعالیت‌های انسانی تهدیدی جدی برای افزایش دمای کره زمین می‌باشند. تغییرات الگوی آب و هوا ممکن است محیط‌زیست و فعالیت‌های بشر را مختل کند. جو یک کالای عمومی جهانی است، بنابراین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر کشور، منفی برای تمام کشورهای جهان در بر دارد. گاز دی‌اکسیدکربن عمده‌ترین گاز تشکیل‌دهنده گازهای گلخانه‌ای است. همبستگی شدیدی بین استفاده از انرژی‌های فسیلی، انتشار CO_2 در فعالیت‌های اقتصادی وجود دارد. از سوی دیگر حداقلی از انتشار CO_2 مرتبط با فعالیت اقتصادی در هر کشور وجود دارد که نمی‌تواند کاهش یابد، زیرا در این صورت با فناوری موجود، سطح تولید و در نتیجه رفاه شهروندان آن کشور کاهش می‌یابد. این عامل دلیل اصلی برای عدم تمایل برخی کشورها در مشارکت برای کاهش CO_2 می‌باشد. بنابراین مشکل کاهش CO_2 به عدم وجود انگیزه برای کاهش مصرف انرژی توسط کشورها و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با آلاینده‌گی کمتر برمی‌گردد (آزوموها و همکاران^۱، ۲۰۰۵).

با احتراق سوخت‌های فسیلی، کربن اکسید شده در جو رها می‌شود. سوخت‌های مختلف مقادیر متفاوتی از این گاز را به ازای هر واحد انرژی حرارتی آزاد می‌کنند. با رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، مصرف انواع مختلف انرژی نقش مهمی را در اثرگذاری بر محیط‌زیست محلی و تغییر آب و هوای جهانی ایفا می‌کند. به تازگی بیشتر آلودگی هوا در شهرها به دلیل حمل‌ونقل درون‌شهری است. سوخت‌های فسیلی در بخش حمل‌ونقل و نیز فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از عوامل عمده آلودگی شهرها به‌شمار می‌روند. افزایش تخریب محیط‌زیست در سطح محلی، ملی و جهانی، توجه سیاست‌گذاران را به سوی آثار جانبی زیست‌محیطی مصرف انرژی جلب کرده است و موجب شده است که موافقت‌نامه‌های کشوری، منطقه‌ای و بین‌المللی نظیر موافقت‌نامه کیوتو^۲ به منظور ایجاد هماهنگی بین سیاست‌ها در راستای کاهش آثار منفی گرم شدن زمین مورد توجه قرار گیرد. بیشترین توجه در این چارچوب بر سهم بالای انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) متمرکز شده است. انتشار CO_2 مرتبط با بخش انرژی همچنان به عنوان یکی از گازهای گلخانه‌ای در جهان تداوم دارد. بخش انرژی ۸۴ درصد انتشار CO_2 و ۶۴ درصد انتشار سایر گازهای گلخانه‌ای در جهان را به‌خود اختصاص داده است. براساس سناریوی تعریف شده از سوی آژانس

1. Azomahou et al

2. Kyoto

بین‌المللی انرژی (۲۰۰۹)، رشد سریع انتشار CO_2 مرتبط با بخش انرژی در نتیجه رشد تقاضا برای انرژی‌های فسیلی تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت.

بیشتر کشورهای صنعتی توافق کرده‌اند که میزان انتشار CO_2 خود را تا پایان سال ۲۰۱۲ به سطوح سال ۱۹۹۰ برسانند و پیش‌بینی می‌کنند که سطوح انتشار CO_2 تا سال ۲۰۲۰ به‌طور معناداری کاهش بیشتری را تجربه کند. بیشتر کشورهای درحال توسعه هم پیش‌بینی می‌کنند که رشد انتشار CO_2 خود را ملایم کنند و برای این منظور اهداف کشوری در این زمینه برای خود ترسیم کرده‌اند (بانک جهانی، ۲۰۰۹).

ویژگی منابع محور بودن اقتصاد ایران و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی موجب شده است که میزان مصرف انواع انرژی‌های فسیلی و غیرفسیلی در سطح بالایی قرار گرفته و روند روبه‌رشدی داشته باشد. از سوی دیگر، ارتباط تنگاتنگ بین مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه CO_2 گویای آن است که آثار زیانبار مصرف انرژی، به‌ویژه انرژی‌های فسیلی در صورت عدم توجه به این بخش، بالا خواهد بود. آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که سرانه انتشار CO_2 در ایران از ۳/۶ تن در ۱۹۹۰ به ۶/۹ تن در ۲۰۰۸ افزایش یافته است. درحالی‌که در طی این دوره انتشار CO_2 نسبت به تولید ناخالص داخلی در ایالات متحده و منطقه اروپا با کاهش مواجه شده است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۰۹).

بنابه بیانات اخیر، مشاهده می‌شود که انتشار CO_2 مرتبط با بخش انرژی به منزله چالش اساسی برای آینده اقتصادی بیشتر کشورها به‌خصوص اقتصاد ایران مطرح خواهد بود. با توجه به اهمیت این چالش، امروزه بیشتر کشورها هدف کاهش انتشار CO_2 مرتبط با بخش انرژی را با تعریف ابزارهای مختلف سیاستی مورد توجه قرار می‌دهند. برای رسیدن به این هدف، نیاز به شناخت ساختار انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی در اقتصاد کشورهاست.

با افزایش نگرانی‌ها در مورد تأثیر انتشار CO_2 بر تغییرات آب و هوایی جهان، بسیاری محققان در تلاشند تا عواملی را که بر انتشار گاز CO_2 در مناطق مختلف جهان تأثیرگذارند را شناسایی نمایند (با ارئه اطلاعات جزئی برای ۷/۷ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای (GHG)، CO_2 آن از نوع GHG است که بهترین مورد کمک‌کننده برای افزایش تدریجی دما است). به لحاظ فنی این مهم را می‌توان با تجزیه انتشارات کلی به تعدادی عوامل از پیش تعریف شده با استفاده از تحلیل تجزیه انجام داد. در ادبیات مربوط به این امر، دو روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)^۱ و تحلیل تجزیه شاخص‌ها (IDA)^۲ بیش از سایر روش‌ها به کار رفته است.

1. Structural Decomposition Analysis (SDA)

2. Index Decomposition Analysis (IDA)

SDA براساس مدل داده-ستانده توسط اقتصاددانان کمیت‌گرا ساخته شده است. رز و کسلر^۱ ۱۹۹۶ بررسی را در مورد ویژگی‌ها تئوریک و کارکردهای اصلی این روش انجام داده‌اند. نمونه‌هایی از بررسی‌های انجام شده در مورد عملکرد *SDA* در تجزیه انتشارات CO_2 شامل کارهای کسلر و رز (۱۹۹۸)، چنگ و لین^۲ (۱۹۹۸) و مونکسگارد^۳ (۲۰۰۰) می باشد.

با توجه به مطالب مطرح شده در بالا، این مطالعه بدنبال تعیین مقدار انتشار CO_2 زیربخش‌های اقتصاد است، به عبارت بهتر بدنبال تعیین تأثیر شدت انتشار، تأثیر ساختار لئونتیف و تأثیر تقاضای نهایی در حیطه روش *SDA* بر روی انتشار آلودگی ناشی از مصرف انرژی با استفاده از تکنیک‌های مختلف این روش می‌باشد و در نهایت به مقایسه بین آن‌ها پرداخته خواهد شد.

۲. پیشینه تحقیق

رز و کسلر (۱۹۹۶) مطالعات و تاریخچه *SDA* را مورد بررسی قرار دادند و روی خصوصیات و ویژگی‌های مربوط به آن مرور اجمالی داشتند. مطالعه آن‌ها نشان داد که *SDA* درمقایسه با *IDA* نیاز به داده‌های همتراز (هم پایه) دارد. به علاوه، هر دوی تجزیه‌های ضرب‌پذیر و جمع‌پذیر *IDA* اتخاذ گردیده‌اند، درحالی‌که در *SDA* تنها تجزیه جمع‌پذیر به کار می‌رود. نتایج آن‌ها نشان داد که *IDA* بسیار انعطاف‌پذیرتر می‌باشد و یک ابزار تجزیه بسیار قابل قبول برای سیاست‌گذاری در موضوعات زیست‌محیطی و ملی محسوب می‌شود.

زو و آنگ^۴ (۲۰۰۷) "تجزیه انتشار توده‌های گاز CO_2 " را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها روش نظری تولید را برای تجزیه انتشار توده‌های گاز CO_2 در طول زمان در نظر گرفتند و از تابع فاصله‌ای ورودی شفارد و تحلیل پوششی داده‌های (*DEA*)^۵ زیست‌محیطی در نظریه تولید استفاده کردند. به کارگیری روش موردنظر تنها به تعدادی داده‌های کلی نیاز دارد که با استفاده از این داده‌ها تغییر انتشار توده‌های CO_2 را می‌توان به ۷ عامل تجزیه کرد. این عوامل با استفاده از حل یک سری از مدل‌های *DEA* به دست می‌آیند. ویژگی‌های کلیدی روش فوق، در نظر گرفتن چند فناوری مربوط به تولید می‌باشد. آن‌ها با استفاده از روش فوق، دو بررسی کاربردی در مورد تجزیه گاز CO_2 در مناطق مختلف جهان و کشورهای *OECD*^۶ انجام داده‌اند. نهایتاً مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی آن‌ها و دیگر روش‌های تحلیل ارائه شده است.

1. Rose & Casler

2. Chang & lin

3. Munksgaard

4. Zhou & Ang

5. Data Envelopment Analysis (DEA)

6. The Organization of Economic Co-operation and Development (OECD)

استفاده از روش‌های تجزیه سنتی ویژه^۱ *SDA* در سال‌های ابتدایی یک هنجار محسوب می‌شد. چنین روش‌هایی براساس تغییر یک پارامتر در یک زمان خاص درحالی‌که بقیه پارامترهای ثابت بودند، صورت می‌گرفت. این روش‌ها از شاخص‌های پاشه^۲ و لاسپیرز^۳ استفاده می‌نمایند. نتایج به‌دست آمده از روش‌های سنتی، بستگی به سال پایه انتخاب شده دارند که می‌تواند اختیاری باشد. به‌علاوه، این روش‌ها تجزیه غیردقیق یا ناکاملی را ارائه می‌دهند. به‌عبارت دیگر، نتایج شامل یک جمله باقی‌مانده می‌باشد که تعبیر و تفسیر نتیجه را پیچیده می‌کند؛ درحالی‌که روش‌های تجزیه دقیق چنین پیچیدگی‌هایی ندارند. بتس^۴ (۱۹۸۹) دو فرم تجزیه دقیق عمومی را معرفی کرد که از آن به بعد باعث تحقیق‌های ایده‌آل جدید درانتخاب روش تجزیه گردید.

بسیاری از تحقیق‌ها، روش‌های ایده‌آل *SDA* را مقایسه کرده‌اند. چانگ و ری^۵ (۲۰۰۱)، *MRCI*^۶ و *LMDI - I*^۷ را نیز مقایسه کردند. دی‌بور^۸ (۲۰۰۸)، *D & L*^۸ و *LMDI - I* را به لحاظ تجربی با استفاده از تغییر روش مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده است که با تغییر روش نیز نتایج مشابه قبل خواهد بود.

LMDI برای اولین بار توسط آنگ و چویی^۹ (۱۹۹۷) پس از اینکه به‌عنوان شاخص دیویژیا شناخته شد، معرفی گردید. این روش اولین روش تجزیه در *IDA* بوده است و به‌طور گسترده در تحقیق‌های *IDA* اتخاذ گردیده است. علاوه بر روش *D & L* روش‌های ایده‌آل دیگری نیز برای تجزیه وجود دارند که به شکل‌های دیگری ارائه شده‌اند. این روش‌ها شامل روش‌های شاخص دیویژیا^{۱۰} با میانگین لگاریتمی که عبارتند از *LMDI - I* و *LMDI - II*^{۱۱} و همچنین روش *S/S* و روش *MRCI* می‌باشند. در تحقیق‌های *SDA* چندین بار مطرح گردیده است. به‌عنوان مثال، دی‌بور^{۱۲} (۲۰۰۹، ۲۰۰۸)، واچسمن و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۹)، وبر^{۱۴} (۲۰۰۹) و وود^{۱۵} (۲۰۰۹) تحقیق‌هایی در این زمینه انجام داده‌اند.

1. ad hoc
2. Paasche
3. Laspeyres
4. Betts
5. Chung & Rhee
6. Mean Rate of Change Index (MRCI)
7. De Boer
8. Dietzenbacher & Los (D&L)
9. Ang & Choi
10. Divisia

۱۱. *LMDI - II* مربوط به شاخص *sato - vartia* می‌باشد که تجزیه *sato - vartia* نامیده می‌شود.

12. De Boer
13. Wachsmann et al
14. Weber

زو و آنگ (۲۰۰۸) تکنیک تحلیل تجزیه تئوریک تولید PDA^2 را مطرح کردند؛ درحالی که این روش در چارچوب تئوری تولید ارائه می‌شود و با تأکید بر PDA به مقایسه آن با SDA و IDA اشاره می‌کند. به دنبال ایده زو و آنگ (۲۰۰۸)، مدل تجزیه دیگری مطرح شد که مدل زو و آنگ را در دو رابطه (نسبت) بسط داده است. ابتدا، علاوه بر تعریف دو تابع فاصله ورودی برای ورودی و خروجی (بازده) نامطلوب (به ترتیب)، از تابع فاصله‌ای خروجی سفارده^۳ برای خروجی مطلوب استفاده شده و دو مؤلفه اضافه نیز ایجاد شده است.

زینگ و همکاران^۴ (۲۰۱۱) "تجزیه انتشار توده گاز CO_2 در ساختار یک محصول مشترک" را به رشته تحریر در آوردند. آن‌ها یک تکنیک را برای تجزیه ارائه کردند تا عواملی را تعیین کنند که به تغییر انتشار و صدور CO_2 با استفاده از تابع فاصله‌ای کمک می‌کند. هدف از این کار طرح‌ریزی محصول مشترک خروجی‌های مطلوب و نامطلوب عنوان شده است. ویژگی اصلی روش پیشنهادی، معرفی کارآمدی و تأثیر عامل ورودی و خروجی می‌باشد؛ که اختصاص به توابع فاصله‌ای (دوری) دارد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که رشد اقتصادی (GDP) مهم‌ترین عامل در افزایش انتشار و خروج CO_2 می‌باشد، درحالی که مهم‌ترین عوامل برای کاهش انتشار و خروج CO_2 ، تغییر فناوری و خروجی مطلوب در طول سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۰۵ بوده است. نتایج تجربی همچنین نگرش‌های توسعه‌یافته‌ای را در مؤلفه‌هایی که باعث انتشار و خروج CO_2 (برای هر کشور در طول سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۰۵) می‌شوند، فراهم آورده است.

زانگ و همکاران^۵ (۲۰۰۹)، با استفاده از تحلیل تجزیه، به بررسی انتشار CO_2 مرتبط با انرژی در کشور چین پرداختند. آن‌ها از رویکرد تجزیه لاسپیرز در بازه‌ی زمانی ۱۹۹۱-۲۰۰۶ استفاده کردند تا ماهیت چهار عامل مؤثر در انتشار CO_2 را برای بخش‌های مختلف چین بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که فعالیت اقتصادی بزرگ‌ترین اثر مثبت را در تغییرات انتشار CO_2 برای تمام بخش‌های عمده اقتصادی و کل اقتصاد چین داشته است. اثر ضریب انتشار CO_2 و تغییرات ساختاری نسبتاً کوچک بودند. تغییرات ساختاری فقط در بخش کشاورزی اثر مثبت روی کاهش انتشار CO_2 داشت و اثر ضریب انتشار CO_2 نیز تنها در بخش حمل و نقل روی کاهش انتشار CO_2 مؤثر بود.

تانگ و همکاران^۶ (۲۰۰۹)، با استفاده از رویکرد تجزیه و با بکارگیری شاخص دیویزیبای میانگین لگاریتمی، انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی را برای کشور ترکیه تحلیل کردند. آن‌ها اقتصاد را به

1. Wood
2. Production Theoretical Decomposition Analysis
3. Shepherd
4. Xing-Ping Zhang *et al*
5. Zhang *et al*
6. Tunc *et al*

سه بخش عمده (کشاورزی، صنعت، خدمات) و منابع انرژی را در چهار گروه (سوخت‌های جامد، مواد نفتی، گاز طبیعی، الکتریسیته) تقسیم کردند و با استفاده از داده‌های ۱۹۷۰-۲۰۰۶ نشان دادند که ترکیب اصلی تعیین‌کننده تغییرات در انتشار CO_2 ، فعالیت اقتصادی است. با اینکه تغییرات مهمی در ساختار اقتصادی ترکیه طی دوره‌ی مورد بررسی رخ داده، اما اثر ساختاری، نقش مهمی در تغییرات انتشار CO_2 نداشته است، هرچند که اثر شدت انرژی نسبتاً با اهمیت بوده است.

پائول و باتاچاریا^۱ (۲۰۰۴)، در مطالعه خود به شناسایی عوامل مختلفی که تغییر در سطح انتشار CO_2 مرتبط با انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های ۱۹۸۰-۱۹۹۶ هند و با به‌کارگیری روش تجزیه شاخص لاسپیرز، چهار عامل مؤثر بر انتشار CO_2 را تحلیل کردند. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی بزرگترین اثر مثبت را بر تغییرات انتشار CO_2 در تمام بخش‌های بزرگ اقتصاد هند داشته است. روند انتشار CO_2 در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل نشان داد که کارایی انرژی در این بخش‌ها افزایش داشته است؛ به‌طوری‌که انتشار CO_2 روندی کاهشی داشته است. اثر ضریب آلودگی و شدت انرژی بر انتشار CO_2 در بخش کشاورزی طی دوره‌ی مورد بررسی افزایش داشته است.

خلیلی عراقی و همکاران (۱۳۹۱)" تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران" را به رشته تحریر در آوردند. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخص و استفاده از روش میانگین لگاریتم شاخص دیویژیا (*LMDI*)، تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش‌های اقتصادی به عوامل اثرگذار برای دوره‌ی ۱۳۴۶-۱۳۸۵ در قالب هشت دوره پنج ساله و دو دوره سه ساله برای ۱۳۸۳-۱۳۸۷ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد در سطح کلان اقتصاد، تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی، جمعیت و شدت انرژی اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته‌اند 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 سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی و تولید این بخش از کل تولید ناخالص داخلی کشور نقش تعیین‌کننده در انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره‌ی ۱۳۸۳-۱۳۸۷ داشته‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد شدت کربن سوخت‌های فسیلی و شدت انرژی مصرفی در بخش‌های 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 اقتصاد منفی بوده است.

ابونوری و نیکبان (۱۳۸۹) "عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویژیا" را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مقاله شدت مصرف انرژی براساس شاخص دیویژیا در سیمان تهران به اثرات ساختاری، تولیدی و شدت خالص تجزیه شده که این تجزیه براساس داده‌های سری زمانی طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۵ و با استفاده از روش‌های چهارگانه ویژه تجزیه شدت مصرف انرژی، صورت گرفته است، که روش $AVE - PDM1$ به دلیل داشتن کمترین میزان پسماند به عنوان بهترین مدل می‌باشد که حاکی از آن است که اثر ساختاری دارای سهم اندکی در توضیح تغییرات مصرف انرژی بوده و اثرات شدت خالص و تولیدی سهم غالبی در این توضیح دارند.

دهقان شبانی (۱۳۸۵) با استفاده از روش تجزیه شدت انرژی، عوامل مؤثر بر میزان شدت انرژی را بررسی می‌نماید. او در این مطالعه به تجزیه شدت انرژی به دو اثر ساختاری و شدت خالص در کل صنعت و صنایع نه‌گانه ایران براساس طبقه‌بندی $ISIC^1$ و براساس تکنیک‌های جمع‌پذیری و ضرب‌پذیری مبادرت ورزیده است. وی که دوره‌ی زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۲ را مدنظر قرار داده است، به این نتیجه دست می‌یابد که نتایج تجزیه با تکنیک جمع‌پذیری و ضرب‌پذیری در همه موارد یکسان است و در کل صنعت، اثر ساختاری دارای سهم اندکی در تغییرات اثر کل شدت انرژی بوده و اثر شدتی سهم غالبی در تغییرات اثر کل داشته است.

لطفعلی‌پور و آشنا (۱۳۸۹) "بررسی عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران" را به رشته تحریر در آوردند. هدف این مقاله تعیین عواملی است که تغییر انتشار CO_2 مرتبط با انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحلیل تجزیه‌ای کامل برای CO_2 در ایران برای بخش‌های اصلی اقتصادی طی دوره‌ی ۱۳۷۳-۱۳۸۶ انجام گرفته است. بدین منظور تغییرات انتشار CO_2 از نظر چهار عامل اصلی شدت انرژی، ضریب آلودگی، تغییرات ساختاری و فعالیت اقتصادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج نشان می‌دهد که در تحلیل کلی، مهم‌ترین عامل افزایش انتشار CO_2 ، رشد اقتصادی (اثر مقیاس) است و ساختار اقتصادی به میزان کمتری در افزایش انتشار کربن مؤثر است. ضریب آلودگی و شدت انرژی به میزان کمی در کاهش انتشار CO_2 نقش دارند. در تحلیل جزیی برای هر بخش اقتصادی، با توجه به ویژگی هر بخش، نتایج متفاوتی در ارتباط با هر عامل به دست آمده است. اثر فعالیت اقتصادی در تمام بخش‌ها مثبت بوده و بخش‌هایی که سهم آن‌ها در تولید کل کاهش یافته است، اثر ساختاری منفی و در نتیجه اثر کاهشی بر انتشار CO_2 دارند.

فطرس و براتی (۱۳۹۰) مطالعه‌ای در مورد تحلیل تجزیه شاخص در حیطه انتشار دی‌اکسیدکربن انجام دادند. هدف از این مطالعه، تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر سطح و شدت انتشار CO_2 ناشی از

مصرف انرژی عنوان شده است. در این مطالعه، با توجه به میزان اثرگذاری عوامل مختلف در هریک از بخش‌ها، اقتصاد به پنج بخش مجزا (خانگی - عمومی - تجاری، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و دیگر بخش‌ها) تقسیم شده است. دوره‌ی زمانی مورد مطالعه ۱۳۷۶-۱۳۸۶ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی بزرگ‌ترین اثر مثبت را بر تغییرات انتشار CO_2 در تمام بخش‌های مورد بررسی، به جز بخش صنعت و حمل‌ونقل و در کل اقتصاد داشته است.

بهبودی و همکاری (۱۳۸۹)، هدف اصلی این مطالعه شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر تغییرات شدت انرژی در ایران و در بازه‌ی زمانی ۱۳۴۷-۱۳۸۵ می‌باشد. به‌کارگیری متدولوژی تجزیه، امکان تحقیق دقیق‌تر روند شدت انرژی در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده را برای کاربردهای سیاستی فراهم می‌نماید. نتایج این تجزیه به روش شاخص ایده‌آل فیشر نشان می‌دهد که افزایش شدت انرژی در کشور در اثر تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی و نیز کاهش بهروری در بهره‌گیری از انرژی بوده است. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده، یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر شدت انرژی، قیمت انرژی می‌باشد. به‌طوری‌که حساسیت شدت انرژی نسبت به قیمت انرژی بسیار بالا می‌باشد.

فطرس و معبودی (۱۳۸۹)، با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی یامادو-تودا، وجود و جهت علیت بین مصرف انرژی، شهرنشینی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن را برای ایران در دوره‌ی ۱۳۵۰-۱۳۸۵ بررسی کرده‌اند. نتایج بررسی ایشان نشان می‌دهد که رابطه‌ی علی از مصرف انرژی، شهرنشینی و تولید خالص داخلی به نشر دی‌اکسیدکربن در ایران یافت می‌شود. همچنین رابطه‌ی علی از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی وجود دارد؛ و جمعیت شهرنشین اثری مثبت بر تولید ناخالص داخلی دارد. ایشان براساس روابط علی فوق، با استفاده از روش رگرسیون به‌ظاهر نامرتب، ارتباط بی‌نشر دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی، جمعیت شهرنشین و تولید ناخالص داخلی بررسی کرده‌اند.

عباسی، صادقی و خسروی (۱۳۸۸) طی مقاله‌ای به بررسی عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی رهیافت تجزیه شدت انرژی، مطالعه موردی گروه صنایع سیمان کرمان پرداختند، نتایج با استناد به روش (AVE-PDMI) که دارای کم‌ترین میزان پسماند می‌باشد، حاکی از آن است که اثر ساختاری سهم اندکی در توضیح تغییرات مصرف انرژی بوده و اثرات شدت خالص و تولیدی سهم غالبی در این توضیح دارند.

حیدری (۱۳۸۳)، "پیش‌بینی تقاضای انرژی در اقتصاد ایران بر اساس روش تجزیه" را مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق میزان تقاضا یا مصرف‌نهایی حامل‌های سه‌گانه انرژی در بخش‌های تولیدی اقتصاد ایران شامل بخش صنعت، کشاورزی، خدمات و حمل‌ونقل با استفاده از یک الگوی تجزیه و برای یک دوره‌ی ۱۵ ساله در قالب سه گزینه (نرخ رشد بالا، پایین و روند) پیش‌بینی

شده است. نتایج پیش‌بینی تقاضای برق و گاز طبیعی نشان می‌دهد که در هر سه گزینه در طول سال‌های مورد پیش‌بینی با تشدید مصرف ناشی از عوامل ساختاری و شدت انرژی مواجه هستیم. نتایج نشان‌دهنده‌ی صرفه‌جویی قابل ملاحظه مصرف فرآورده‌های نفتی ناشی از کاهش شدت انرژی در گزینه‌های اول و دوم است.

۳. مبانی نظری

۳-۱. چارچوب کلی تجزیه جمع‌پذیر

تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)^۱ ابتدا توسط محققانی مورد استفاده قرار گرفت که با تحلیل داده-ستانده (I-O) آشنا بودند و خواستار توسعه آن برای بررسی تغییر در مصرف انرژی یا انتشار آن در اقتصاد بودند. چندین روش ایده‌آل برای تجزیه SDA توسط محققان اتخاذ گردیده است. در این راستا، نیاز است که یک چارچوب تجزیه جمع‌پذیر مطرح شود تا رابطه این روش‌ها مشخص شود. موارد خاص این چارچوب عبارتند از: سه روش تجزیه ایده‌آل MRICI, LMDI I, LMDI II

۳-۲. فرمول کلی تجزیه جمع‌پذیر

در تحلیل تجزیه، معیار جمعی‌سازی شده مطلوب به صورت جمع زیر مجموعه مقادیر مطرح می‌شود. در مدل تحلیل تجزیه ساختاری SDA فرض می‌شود که سطح جمعی‌سازی شده نشان‌دهنده‌ی کل اقتصاد است زیر مجموعه‌ها بخش‌های صنعتی هستند به علاوه فرض کنید که زیرمجموعه‌ی $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ تابع n فاکتور و $y(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1, x_2, \dots, x_n$ می‌باشد، که می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$V = \sum_{j=1}^m V_j = \sum_{j=1}^m y_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^m x_{j,1} x_{j,2} \dots x_{j,n} \quad (1)$$

در فرمول (۱) $v_j = Y_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$ = زیر مجموعه جمعی‌سازی شده برای j امین بخش، $x_{j,i}$ = مقدار i امین فاکتور در j امین بخش و m = تعداد زیرمجموعه می‌باشد. حال برای محاسبه و ارزیابی ΔV_{tot} در تجزیه جمع‌پذیر، که عبارت از تغییر جمعی‌سازی شده از $V(0)$ در زمان صفر به $V(t)$ در زمان T می‌باشد، به روش زیر عمل خواهد شد:

$$\Delta V_{tot} = V^T - V^0, V^T = V(t = T), V^0 = V(t = 0) \quad (2)$$

در ادامه برای استفاده از تغییر هریک از n عوامل، ΔV_{tot} به صورت زیر تجزیه خواهد شد:

$$\Delta V_{tot} = \sum_{i=1}^n \Delta V_{xi} \quad (3)$$

زیرنویس tot ، نشان دهنده تغییرات مشاهده شده یا تغییرات کلی است و عبارت سمت راست اثرات مشترک نسبت به عوامل معادله (۱) را ارائه می‌دهد.

با دنبال کردن ادبیات تحلیل تجزیه شاخص IDA تفاوت بین دو گروه از روش‌های تجزیه لاسپیرز^۱ و دیویژیا^۲ با توجه به این که آیا نرخ رشد فاکتور x_i از طریق تغییر خطی dx_i یا تغییر لگاریتمی $d \ln x_i$ تعیین می‌گردد، بیان می‌شود.

با مشتق‌گیری (دیفرانسیل) $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ، دو فرمول اصلی برای تجزیه جمع‌پذیر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} dy &= \frac{\partial y}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} dx_n \\ &= \frac{y(\dots, x_1, \dots)}{x_1} dx_1 + \frac{y(\dots, x_2, \dots)}{x_2} dx_2 + \dots + \frac{y(\dots, x_n, \dots)}{x_n} dx_n \\ &= y(\dots, x_1, \dots) d \ln x_1 + y(\dots, x_2, \dots) d \ln x_2 + \dots \\ &\quad + y(\dots, x_n, \dots) d \ln x_n \end{aligned} \quad (4)$$

فرم‌های تجزیه جمع‌پذیر استاندارد را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\Delta V = \int_0^T dV \int_0^T \sum_{j=1}^m dy_j = \sum_{j=1}^m \int_0^T dy_j \quad (5)$$

با قرار دادن معادله ۴ در معادله ۵، فرمول کلی تجزیه لاسپیرز و دیویژیا به دست خواهد آمد:

$$\Delta V^{las} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \int_0^T \frac{y_i(\dots, x_{j,i}, \dots)}{x_{j,i}} dx_{j,i} = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m \int_0^T \frac{y_j}{x_{j,i}} dx_{j,i} \right] \quad (6)$$

1. Laspeyres-Based
2. Divisia-Based

$$\Delta V^{Div} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \int_0^T y_j(\dots, x_{j,i}, \dots) d \ln x_{j,i} = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m \int_0^T y_j d \ln x_{j,i} \right] \quad (7)$$

که در آن Las اشاره به روش تجزیه لاسپیرز و Div نیز اشاره به روش تجزیه دیویژیا دارد. روش‌های متفاوت در گروه هایلاسیپرز و دیویژیا، مختص انتخاب مسیرهای انتگرال متفاوت در معادلات (۶) و (۷) می‌باشد. در ادامه برای تخمین لاسپیرز و دیویژیا از سهم مشارکتی I و فاکتور x_i ، مقدار انتگرال برای توابع انتگرالی $y_j, y_j / x_{ji}$ برابر با $y_j / x_{ji} = \bar{y}_j^L / \bar{x}_{ji}^L$ ، $y_j = \bar{y}_j^D$ فرض می‌شود:

$$\Delta \bar{V}_{xi}^{las} = \sum_{j=1}^m \frac{\bar{y}_j^L}{\bar{x}_{j,i}^L} \Delta x_{j,i} = \sum_{j=1}^m \Delta \bar{V}_{x_{i,j}}^{las} \quad (8)$$

$$\Delta \bar{V}_{xi}^{Div} = \sum_{j=1}^m \bar{y}_j^D \Delta \ln x_{j,i} = \sum_{j=1}^m \Delta \bar{V}_{x_{i,j}}^{Div} \quad (9)$$

و $\Delta x_{ji} = x_{ji}(t) - x_{ji}(0)$ ، $\Delta \ln x_{ji} = \ln x_{ji}(t) - \ln x_{ji}(0)$ که

$\Delta \bar{V}_{x_i}^{las}$ = تخمین سهم کلی از فاکتور x_i بر مبنای "لاسپیرز"

$\Delta \bar{V}_{x_{i,j}}^{las}$ = تخمین سهم زیرمجموعه y_j از فاکتور x_i بر مبنای "لاسپیرز"

$\Delta \bar{V}_{x_i}^{Div}$ = تخمین سهم کلی از فاکتور x_i بر مبنای "دیویژیا"

$\Delta \bar{V}_{x_{i,j}}^{Div}$ = تخمین سهم زیرمجموعه y_j از فاکتور x_i بر مبنای "دیویژیا".

همچنین اگر $\Delta V_{tot} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{Div}$ یا $\Delta V_{tot} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{Las}$ باشد، انتخاب ارزش ثابت انتگرالی از

\bar{y}_j^D یا $\bar{Y}_j^L / \bar{X}_{ji}^L$ منجر به تجزیه دقیق خواهد شد. به عبارت دیگر، تخمین باقیمانده نخواهد

داشت. در غیراین صورت، تخمین دارای باقیمانده‌های $\Delta \bar{V}_{rsd}^{Div}$ یا $\Delta \bar{V}_{rsd}^{Las}$ خواهد بود که به صورت

زیر ارائه می‌شوند:

$$\Delta \bar{V}_{rsd}^{las} = \Delta V_{tot} - \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{xi}^{las} = \Delta V_{tot} - \Delta \bar{V}^{las} \quad (10)$$

$$\Delta \bar{V}_{rsd}^{Div} = \Delta V_{tot} - \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{Div} = \Delta V_{tot} - \Delta \bar{V}^{Div} \quad (11)$$

که $\Delta \bar{V}^{las} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{las}$ کل سهم تخمین زده شده از n تا فاکتور که تغییرات کلی مبتنی بر

تخمین های "لاسیپرز" در معادله (۸) را نشان می‌دهد، و $\Delta \bar{V}^{Div} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{Div}$ سهم تخمینی متناظر براساس تخمین‌های "دیویژیا" در معادله (۹) می‌باشد. برای تجزیه‌ی دقیق، رابطه بین تخمین‌های "لاسیپرز" و "دیویژیا" در معادلات (۸) و (۹) می‌تواند از طریق تبدیلات زیر ایجاد شود.

$$\Delta V_{tot} = \sum_{i=1}^n \Delta V_{x_i}^{Las} = \sum_{j=1}^m \frac{\bar{y}_j^L}{\bar{x}_{j,i}^L} \Delta x_{j,i} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\bar{y}_j^L}{\bar{x}_{j,i}^L} L(x_{j,i}^T, x_{j,i}^0) \right) \Delta \ln x_{j,i} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{Div} \quad (12)$$

$$\Delta V_{tot} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{Div} = \sum_{j=1}^m \bar{y}_j^D \Delta \ln x_{j,i} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\bar{y}_j^D}{L(x_{j,i}^T, x_{j,i}^0)} \right) \Delta x_{j,i} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{V}_{x_i}^{las} \quad (13)$$

که در آن $L(a-b) = (a-b)/(Lna - Lnb)$ تابع میانگین لگاریتمی می‌باشد. به عبارت دیگر، می‌توان از تخمین دیویژیا یا لاسپیرز با تجزیه دقیق، برای توضیح تأثیر تغییر خطی یا تغییر لگاریتمی؛ با تعبیر آنها به وسیله ارزش‌های ثابت انتگرال انتخاب شده در معادلات (۱۲) و (۱۳) استفاده کرد. زمانی که تابع میانگین لگاریتمی ایده‌آل باشد، خاصیت و ویژگی مناسب روش تجزیه ترجیح داده می‌شود.

در میان سه روش تجزیه ایده‌آل، MRCI متعلق به خانواده لاسپیرز می‌باشند، درحالی‌که LMDI-I, LMDI-II متعلق به خانواده دیویژیا هستند. انتخاب ارزش‌های انتگرال ثابت معادلات (۸) و (۹) در این سه روش، در جدول ۱ خلاصه شده است.

۳-۳. SDA جمع‌پذیر در تجزیه و انتشار خروجی CO_2

با رجوع به تجزیه‌ی انتشار آلودگی در ادبیات SDA، مدل استاندارد لئونتیف^۱ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$x = Z_d \cdot 1 + y = A_d x + y \quad (14)$$

1. The Standard Leontief I-O Model

که بردار کل محصولات $x = (x_i)_{m \times 1}$
 ماتریس تقاضاهای واسطه‌ای داخلی $z_d = (z_{d,ij})_{m \times m}$
 بردار تقاضاهای نهایی $y = (y_i)_{m \times 1}$
 ماتریس ضرایب تولید داخلی $A_d = z_d(\hat{x})^{-1} = (A_{d,ij})_{m \times m}$
 چینش دوباره معادله (۱۴) منجر به معادله اساسی زیر برای تحلیل I-O "تقاضا-محور" لئونتیف می‌شود.

$$x = (I - A_d)^{-1} y = L_d y \quad (۱۵)$$

که $L_d = (I - A_d)^{-1} = (L_{dij})_{m \times m}$ ماتریس معکوس لئونتیف داخلی می‌باشد. در معادله (۱۵) تقاضاهای نهایی بعنوان نیروهای محرکه برونزا در مدل مدنظر قرار می‌گیرند.

جدول ۱: انتخاب مقادیر انتگرال اولیه برای تجزیه بهینه روش‌ها

مقدار انتگرال تابع اولیه	روش	گروه
$\frac{-L}{y_j} = \frac{(y_j(T) - y_j(0))/M_j}{\frac{-L}{x_{ji}} = (x_{ji}(T) + x_{ji}(0))/2}$	$MRCI^a$	لاسیبیز
$\frac{-D}{y_j} = L(y_j(T), y_j(0)) = L(V_j(T), V_j(0))$	$LMDI - I^b$	دیویژیا
$\frac{-D}{y_j} = \frac{L(W_j(T), W_j(0))}{\sum_{k=1}^m L(W_k(T), W_k(0))} L(V(T), V(0))$	$LMDI - II^c$	

$$^a M_j = \sum_{k=1}^n \frac{x_{jk}(T) - x_{jk}(0)}{(x_{jk}(T) + x_{jk}(0))/2}; \quad ^b L(a,b) = \frac{a-b}{Lna - Lnb}; \quad ^c w_j = V_j/V = y_j / \sum_{k=1}^m y_k;$$

برای رسیدن به انتشار CO_2 ناشی از تولید، نیاز به وارد کردن بردار شدت انتشار f ؛ که نشان دهنده پخش و خروج CO_2 برای واحد خروجی خالص، می‌باشد. با استفاده از مدل لئونتیف، انتشار CO_2 ناشی از تولید در معادله (۱۵) فرمول‌بندی شده است.

$$C = \hat{1}.c = \hat{f}x = \hat{f}L_d y = \sum_{ij=1}^m f_i L_{d,i,j} y_j = \sum_{i,j=1}^m C_{ij} \quad (۱۶)$$

که $c = (c_i)_{m \times 1}$ بردار انتشار مستقیم CO_2 ، $f = (\hat{x})^{-1}c = (f_i)_{m \times 1}$ بردار شدت انتشار آن، $c_{ij} = f_i l_{dij} y_j$ انتشار و خروج CO_2 از زیرگروه (i, j) و m^2 تعداد کل زیرگروه‌ها است. با فرض این که میزان کلی انتشار یا خروج CO_2 تولیدی در زمان $T, 0$ به ترتیب $C(T), C(0)$ باشد؛ ابتدا مدل تجزیه یک مرحله‌ای را در نظر بگیرید. تغییر در انتشار و خروج CO_2 ، $\Delta C_{tot} = C(T) - C(0)$ به سه حالت زیر تجزیه می‌شود:

$$\Delta C_{tot} = \Delta C_{int} + \Delta C_{str} + \Delta C_{fdm} \quad (۱۷)$$

ΔC_{int} = اثر شدت انتشار

ΔC_{str} = اثر ساختار لئونتیف

ΔC_{fdm} = اثر تقاضای نهایی

از معادلات (۸) و (۹) مجموع این تأثیرات تخمین زده شده در سطح زیرگروه مشخص می‌شود.

$$\Delta \bar{C}_{int} = \sum_{i,j=1}^m \Delta \bar{C}_{int,ij} = \sum_{i,j=1}^m \frac{\bar{C}_{ij}^L}{\bar{f}_i^L} \Delta f_i = \sum_{i,j=1}^m \bar{C}_{ij}^D \Delta \ln f_i \quad (۱۸)$$

$$\Delta \bar{C}_{str} = \sum_{i,j=1}^m \Delta \bar{C}_{str,ij} = \sum_{i,j=1}^m \frac{\bar{C}_{ij}^L}{\bar{L}_{d,ij}^L} \Delta L_{a,ij} = \sum_{i,j=1}^m \bar{C}_{ij}^D \Delta \ln L_{a,ij} \quad (۱۹)$$

$$\Delta \bar{C}_{fdm} = \sum_{i,j=1}^m \Delta \bar{C}_{fdm,ij} = \sum_{i,j=1}^m \frac{\bar{C}_{ij}^L}{\bar{y}_j^L} \Delta y_j = \sum_{i,j=1}^m \bar{C}_{ij}^D \Delta \ln y_j \quad (۲۰)$$

که $\Delta C_{int,ij}$ ، $\Delta C_{fdm,ij}$ و $\Delta C_{fdm,ij}$ اثرات تخمین زده شده در زیرگروه (i, j) هستند. اثر ساختاری در معادله (۱۹) در مدل تجزیه دو مرحله‌ای به چند تأثیر فرعی تجزیه می‌شود. در راستای رسیدن به هدف، ماتریس لئونتیف در معادله (۱۵) به شکل زیر بازنویسی می‌شود:

$$L_d = (I - A_d)^{-1} = (I - (I - M)A)^{-1} \quad (۲۱)$$

$M = \text{diag}(M_{ii})_{m \times m}$ = ماتریس قطری از سهم وارداتی فناوری ورودی

$A = (A_{ij})_{m \times m}$ = ماتریس ضرایب تولید کل

بنابراین تأثیر ساختار لئونتیف در معادله (۱۷) می‌تواند به دو تأثیر فرعی تقسیم شود:

$$L_d = (I - A_d)^{-1} = (I - (I - M)A)^{-1} \quad (22)$$

ΔC_{ims} = اثر سهم وارداتی

ΔC_{int} = اثر کل فناوری ورودی است.

رز و کسلر در سال (۱۹۹۶) دو تکنیک را خلاصه می‌کنند، یعنی تقسیم ضرب‌پذیری و جمع‌پذیری برای تجزیه تغییرات در ماتریس لئونتیف که مستقیماً مربوط به تخمین لاسپیرز در معادله (۱۹) می‌باشد. برای تخمین‌های مبتنی بر دیویژیا می‌توان از رابطه موجود در معادله (۱۳) استفاده کرد تا آنها را ابتدا به تخمین‌های لاسپیرز تبدیل کرد و سپس همان تکنیک را برای مشتق‌گیری تأثیرات فرعی به کار برد.

۴. روش تحقیق

روش تحقیق این مطالعه بر اساس ماهیت از نوع توصیفی است. در روش SDA نیاز به جداول داده- ستانده می‌باشد. جداول مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: جداول ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵. از آن‌جاکه در این تحقیق نیاز به همسان‌سازی و تعدیل جداول داده- ستانده ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ بود (جدول ۱۳۸۰، ۹۱ بخشی و جدول ۱۳۸۵، ۶۵ بخشی می‌باشد؛ که در این جداول ۵۱ بخش قابلیت تطبیق دارند). از روش راس برای برآورد ماتریس مبادلات بین‌بخشی استفاده گردیده است. شایان توجه است که جداول ۱۳۶۵ و ۱۳۷۰ نیاز به همسان‌سازی نداشتند، زیرا هر دوی این جداول شامل ۷۸ بخش منطبق با هم بوده‌اند.

در این مطالعه از چهار جدول داده- ستانده اقتصاد ایران استفاده گردیده است؛ که این چهار جدول از مرکز آمار ایران اتخاذ گردیده است. اطلاعات مربوط به CO_2 از سایت BP^۱ استخراج گردیده است. داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی^۲ نیز از بانک جهانی^۳ بدست آمده است. اطلاعات مربوط به ارزش ستانده، مصارف واسطه، صادرات و واردات زیربخش‌های مختلف اقتصاد ایران نیز از مرکز آمار ایران به‌دست آمده است.

به‌طور کلی پس از تنظیم و ترتیب‌دهی مجموعه داده‌های نهایی جداول ۱۳۶۵ و ۱۳۷۰، هر کدام از این جداول ۷۸ بخش دارد، یعنی $M=78$ و تعداد کل زیرگروه‌های این دو جدول در تحقیق تجربی

1. British Petroleum

2. GDP

3. World Bank

SDA ، ۶۰۸۴ می‌باشد؛ به عبارت دیگر، $M^2 = ۶۰۸۴$ است. در حالی که، مجموعه داده‌های نهایی جداول ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ برابر ۲۶۰۱ می‌باشد؛ به عبارت دیگر، $M^2 = ۲۶۰۱$ است.

۵. یافته‌های تحقیق

لازم به ذکر است که تغییر روش در تخمین سه روش تجزیه، نتایج عددی تجزیه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در اینجا یک تحقیق تجربی برای بیان تفاوت‌های بین نتایج ارائه شده توسط سه روش ایده‌آل تجزیه ارائه می‌شود. این تحقیق هم در سطح زیرگروه و هم در مجموع مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از داده‌های سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۰ و ۱۳۸۰-۱۳۸۵ استفاده می‌شود در این قسمت برای جلوگیری از ابهام، نتایج دو مقایسه انجام شده در دو قسمت متفاوت بررسی می‌شود. در قسمت اول به مقایسه جواب‌های بدست آمده از جداول ۱۳۶۵-۱۳۷۰ پرداخته و در قسمت بعد مقایسه و بررسی نتایج جداول ۱۳۸۰-۱۳۸۵ بررسی خواهد شد.

۵-۱. بررسی نتایج به دست آمده از جداول ۱۳۶۵-۱۳۷۰

نتیجه روش تجزیه جمعی‌سازی شده به دست آمده با استفاده از مدل تجزیه یک مرحله‌ای به صورت معادله ۱۷ در جدول ۲ نشان داده شده است. در حالت کلی، می‌توان دید که این تغییرات بیشتر در افزایش انتشار مشارکت دارند؛ افزایش کل ملایم‌تر از افزایش‌های جزء به جزء خواهد بود. در مجموع، تأثیرهای ارائه شده توسط روش $MRCI$ بیشتر از تأثیرهای ارائه شده توسط روش‌های $LMDI - I / II$ است. در حالی که، وقتی به تغییرات تجزیه شده توجه شود؛ مشخص خواهد شد که اثر تقاضای نهایی و اثر شدت انتشار از طریق این فرمول بسیار بیشتر از دو فرمول دیگر ($LMDI - I$ و $LMDI - II$) بدست آمده است. برخلاف دو اثر قبل، در اثر ساختار لئونتیف؛ جواب به دست آمده از فرمول $MRCI$ کمتر از $LMDI - I$ و $LMDI - II$ می‌باشد. با مقایسه بین $LMDI - I$ و $LMDI - II$ نیز واضح است که قدرمطلق نتایج به دست آمده از روش $LMDI - II$ همواره از قدرمطلق نتایج به دست آمده از روش $LMDI - I$ کمتر است و همچنین تغییرات کل نیز از این قاعده مستثنی نبوده و تغییرات کل در حالت $LMDI - II$ کمتر از $LMDI - I$ است.

جدول ۲: خلاصه نتایج جمعی‌سازی شده برای ایران، ۱۳۷۰-۱۳۶۵ (Co₂ بر حسب تن)

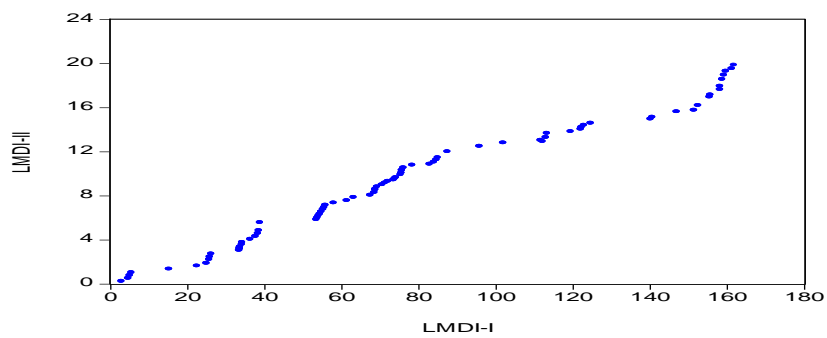
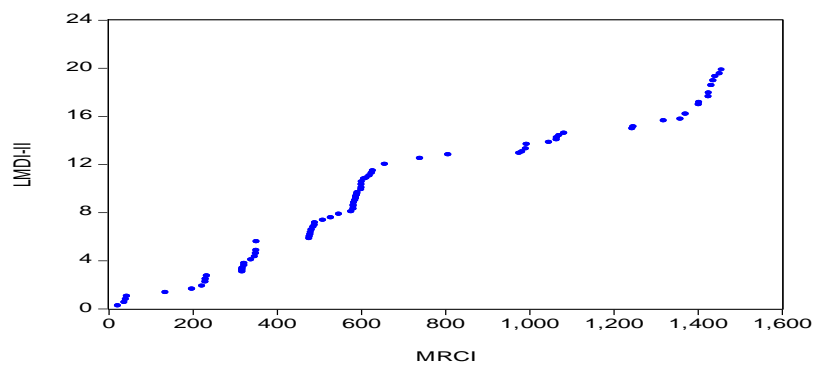
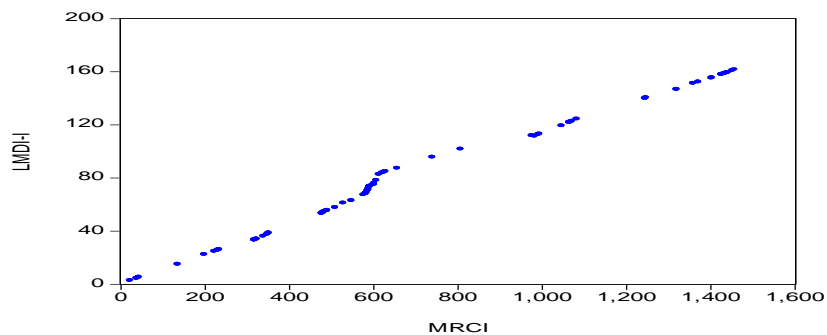
ΔC_{tot}	ΔC_{str}	ΔC_{int}	ΔC_{fdm}	روش	گروه
۶۲۴۸/۲	-۱۷/۹	۱۴۵۶/۵	۴۸۰۹/۶	<i>MRCI</i>	لاسیپرز
۲۲۰/۸	-۲/۱	۱۶۱/۷	۶۱/۲	<i>LMDI - I</i>	دیویژیا
۲۱/۲	-۱/۱	۱۹/۹	۲/۴	<i>LMDI - II</i>	

منبع: محاسبات تحقیق

در این قسمت نزدیکی و سازگاری بین *MRCI* با *LMDI - I* و *LMDI - II* در حالات مختلف بررسی می‌شود. تابع انتقال زیر (تغییر) $H(\Delta \bar{C}_{ij})$ برای کاهش وسعت نتایج در این گروه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است:

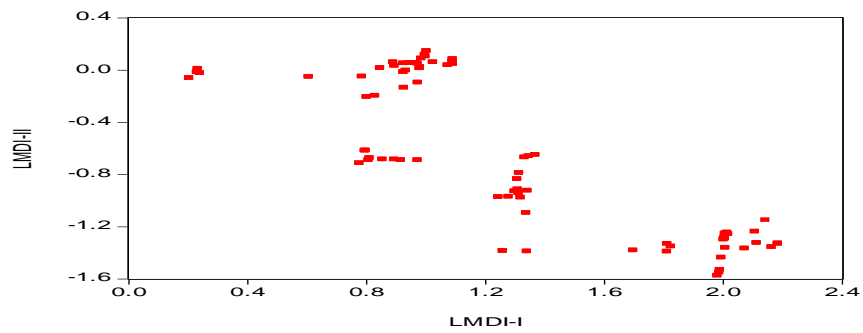
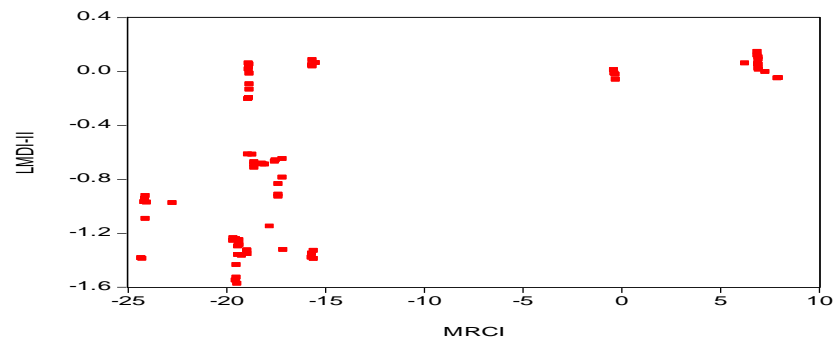
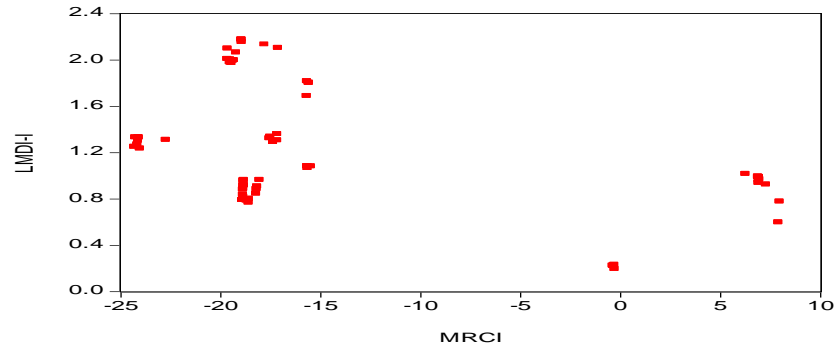
$$H(\Delta \bar{C}_{ij}) = \begin{cases} \log_{10}(\Delta \bar{C}_{ij}) & \text{if } \Delta \bar{C}_{ij} > 0 \\ -\log_{10}(-\Delta \bar{C}_{ij}) & \text{if } \Delta \bar{C}_{ij} < 0 \end{cases} \quad (23)$$

در این جا $\Delta \bar{C}_{ij}$ نشان‌دهنده‌ی تأثیر تخمین زده شده در زیرگروه (i, j) می‌باشد، یعنی تأثیر شدت انتشار $\Delta \bar{C}_{int,ij}$ ، تأثیر ساختاری لئونتیف $\Delta \bar{C}_{str,ij}$ و تأثیر تقاضای نهایی $\Delta \bar{C}_{fdm,ij}$ است. تخمین ۶۰۸۴ زیرگروه ارائه شده توسط یک روش، در برابر روش‌های دیگر تجزیه شدت آلودگی در زیرگروه‌های جهت سازگاری بین روش‌ها نشان داده شده است. اثر شدت انتشار، اثر لئونتیف و اثر تقاضای نهایی به ترتیب در نمودار ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. با مقایسه سه شکل موجود در نمودار ۱ متوجه خواهید شد که زیرگروه‌های فرعی برای *MRCI*، *LMDI - I* و *LMDI - II* نزدیک به یکدیگر هستند.



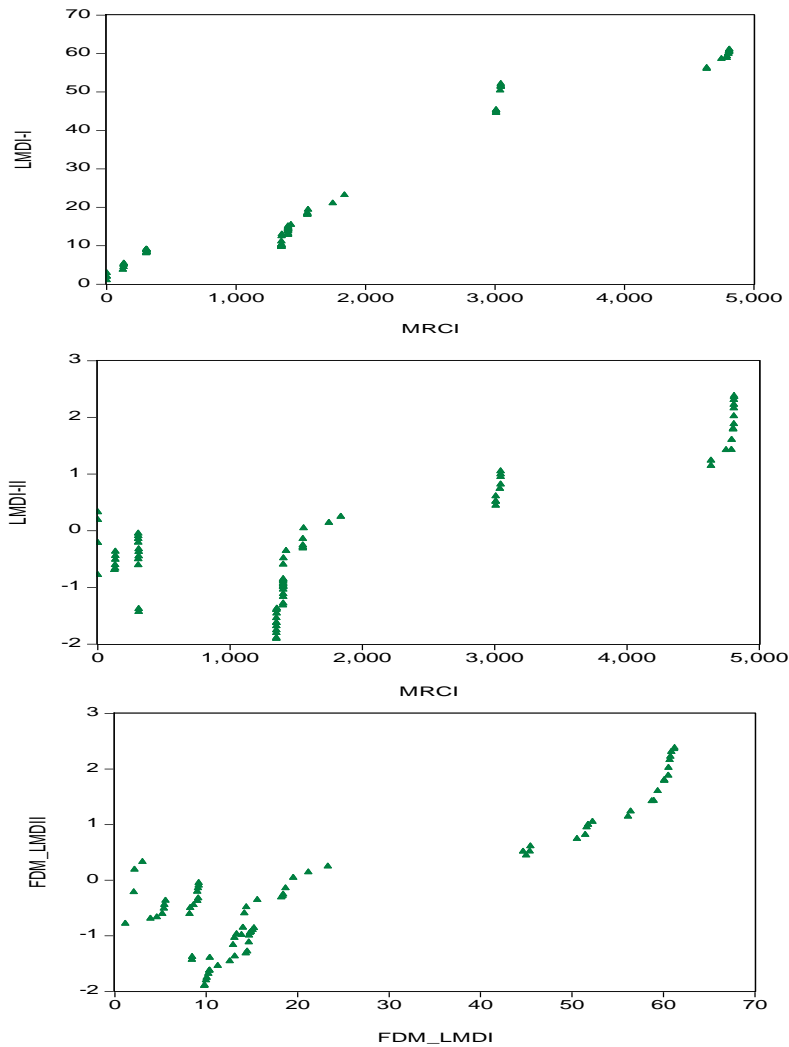
نمودار ۱: مقایسه تخمین‌های اثر شدت انتشار در سطوح زیرگروه‌ها برای ایران
(محور افقی و عمودی CO_2 بر حسب تن)

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۲: مقایسه تخمین‌های اثر لئونتیف در سطوح زیرگروه‌ها برای ایران
(محور افقی و عمودی CO_2 بر حسب تن)

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۳: مقایسه تخمین‌های اثر تقاضای نهایی در سطوح زیرگروه‌ها برای ایران (محور افقی و عمودی CO₂ بر حسب تن)

منبع: محاسبات تحقیق

نمودار شماره یک نشان‌دهنده‌ی این است که اثر شدت انتشار در زیرگروه‌های فرعی برای $MRCI$ ، $LMDI - I$ و $LMDI - II$ نزدیک به یکدیگر می‌باشند به عبارت بهتر بین روش‌های تجزیه اثر شدت انتشار در زیرگروه‌های سازگاری وجود دارد. با مراجعه به نمودارهای ۲ و ۳ مشخص است که در این نمودارها، که نشان‌دهنده‌ی اثر تغییر ساختاری لئونتیف و تقاضای نهایی می‌باشند، زیرگروه‌های فرعی برای $MRCI$ ، $LMDI - I$ و $LMDI - II$ نزدیک به یکدیگر نمی‌باشند. البته اثر تغییر تقاضای نهایی برای زیرگروه‌های مذکور نزدیکی بیشتری نسبت به اثر تغییر ساختاری لئونتیف دارد با توجه به آنچه که در بالا ذکر شد، واضح است که بین نتایج ارائه شده توسط $MRCI$ و $LMDI - I / II$ و بین $LMDI - I$ و $LMDI - II$ سازگاری خوبی وجود دارد. البته این مورد برای نتایج $MRCI$ و روش‌های دیگر در حالت دوم (اثر ساختاری لئونتیف) مصداق ندارد.

۲-۵. بررسی نتایج به‌دست آمده از جداول ۱۳۸۰-۱۳۸۵

همانند تحلیل انجام گرفته در قسمت پیش، نتیجه روش تجزیه جمعی‌سازی شده به‌دست آمده (۱۳۸۵-۱۳۸۰) با استفاده از مدل تجزیه یک مرحله‌ای به صورت معادله ۱۷ در جدول ۳ نشان داده شده است. با تحلیل این سال‌ها نیز مشخص است که؛ در حالت کلی، می‌توان دید که این تغییرات منجر به افزایش انتشار شده‌اند (همانند سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۰)؛ درحالی‌که تغییر در اثر ساختاری لئونتیف حاکی از این موضوع است که در دو روش $LMDI - I / II$ افزایش کل ملایم‌تر از افزایش‌های جزء به‌جزء خواهد بود.

با مقایسه تغییرات کل مشخص است که، تأثیرهای ارائه شده توسط روش $MRCI$ بیشتر از تأثیرهای ارائه شده توسط روش‌های $LMDI - I / II$ است. درحالی‌که، وقتی به تغییرات تجزیه شده توجه شود؛ مشخص خواهد شد که اثر تقاضای نهایی و اثر ساختاری لئونتیف از طریق این فرمول بسیار بیشتر از دو فرمول دیگر ($LMDI - I$ و $LMDI - II$) به‌دست آمده است. اما در اثر تغییرات شدت انتشار، جواب به‌دست آمده از فرمول $LMDI - I$ بیش از نتیجه به‌دست آمده از دو روش دیگر است.

با مقایسه بین $LMDI - I$ و $LMDI - II$ نیز واضح است که قدرمطلق نتایج به‌دست آمده از روش $LMDI - I$ همواره از قدرمطلق نتایج به‌دست آمده از روش $LMDI - II$ بیشتر است و همچنین تغییرات کل نیز از این قاعده مستثنی نبوده و تغییرات کل در حالت $LMDI - I$ بیش از $LMDI - II$ است.

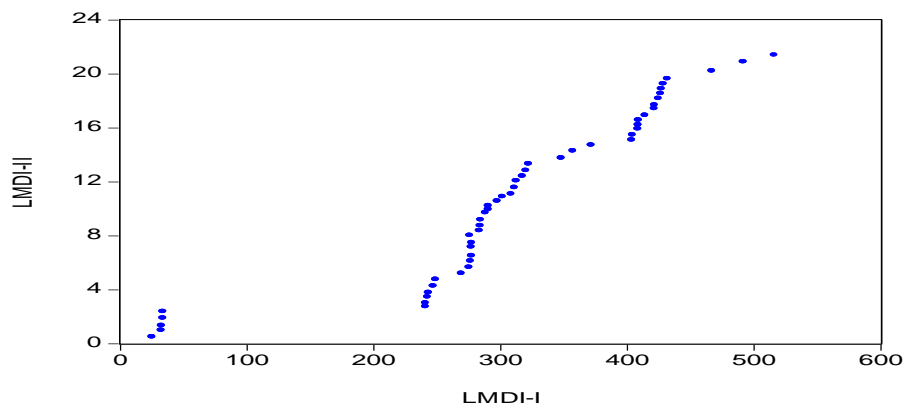
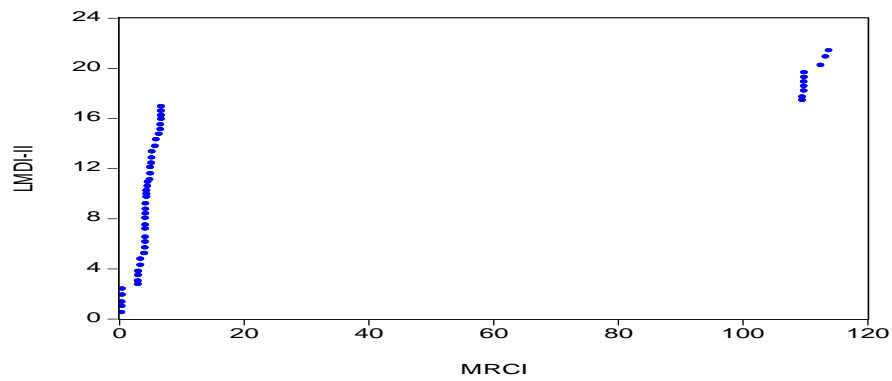
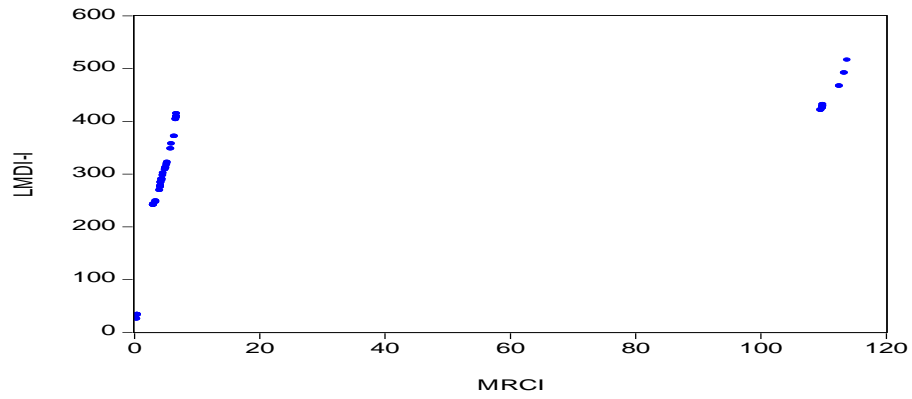
جدول ۳: خلاصه نتایج جمعی سازی شده برای ایران، ۱۳۸۵-۱۳۸۰ (C02 بر حسب تن)

گروه	روش	ΔC_{fdm}	ΔC_{int}	ΔC_{str}	ΔC_{tot}
لاسپیرز	<i>MRCI</i>	۳۱۵۵۰۳۹۶/۶	۱۱۳/۹	۴۵۶۳/۵	۳۱۵۵۵۰۷۴
دیویژیا	<i>LMDI - I</i>	۱۸۱/۷	۵۱۶/۱	-۲	۶۹۵/۸
	<i>LMDI - II</i>	۳/۹	۲۱/۴	-۰/۱۷	۲۵/۱۳

منبع: محاسبات تحقیق

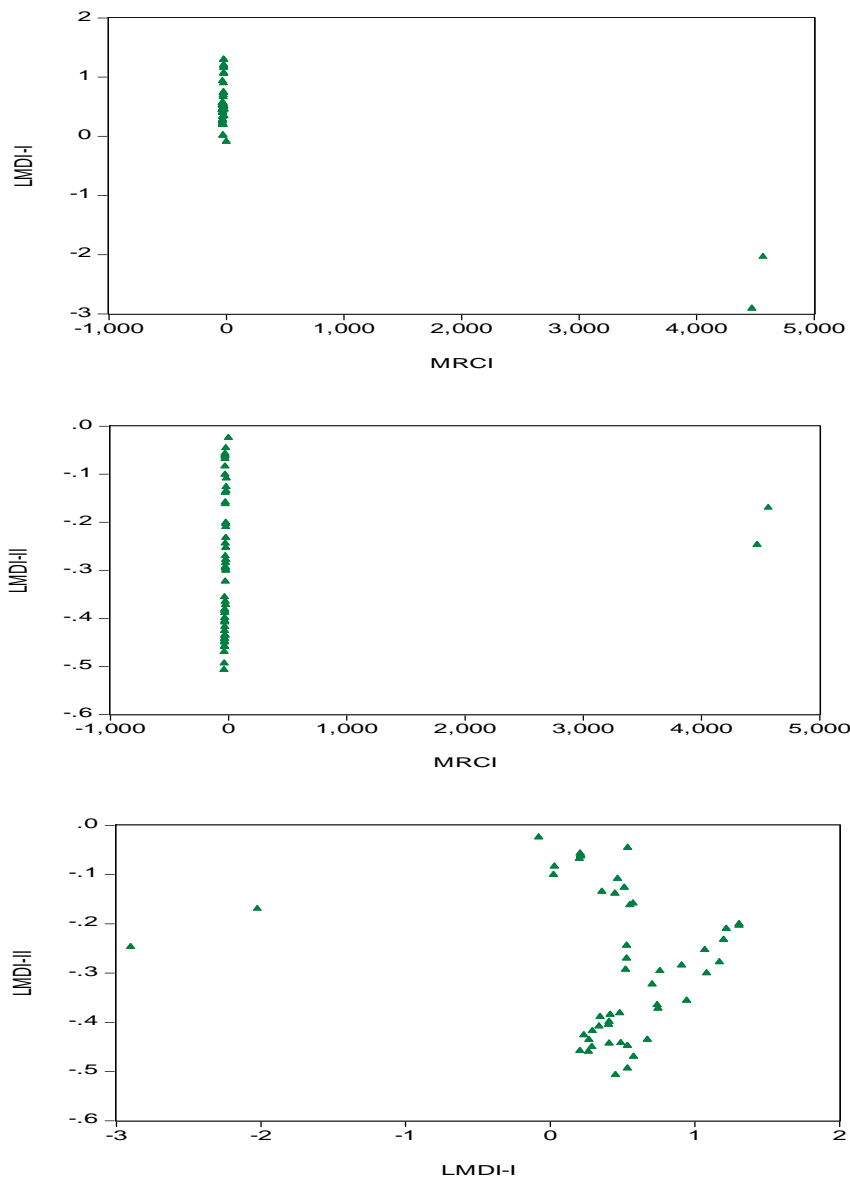
در این قسمت نزدیکی و سازگاری بین *MRCI* با *LMDI-I* و *LMDI-II* در حالات مختلف بررسی می شود. تابع انتقال (تغییر) $H(\Delta \bar{C}_{ij})$ نشان داده شده در فرمول ۲۳، نیز برای کاهش وسعت نتایج در این زیرگروهها مورد استفاده قرار می گیرد. تخمین ۲۶۰۱ زیرگروه ارائه شده توسط یک روش، در برابر روشهای دیگر تجزیه شدت آلودگی در زیر گروههای جهت سازگاری بین روشها نشان داده شده است. اثر شدت انتشار، اثر لئونتیف و اثر تقاضای نهایی به ترتیب در نمودار ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده اند. با مقایسه سه شکل موجود در نمودار ۴ متوجه خواهید شد که زیرگروههای فرعی برای *MRCI* با *LMDI-I* و *LMDI-II* هیچ نزدیکی و ارتباط معناداری با یکدیگر ندارند. اما بین *LMDI-I* و *LMDI-II* نزدیکی و ارتباط تنگاتنگی دیده می شود. در مورد اثر ساختاری لئونتیف در هیچ کدام از نمودارهای شکل ۵ ارتباط نزدیک و معناداری مشاهده نمی شود. در جهت توضیح این امر همین بس که جدول داده- ستاده سال ۱۳۸۵ از نظر ساختار جدول دارای اشکالاتی می باشد؛^۱ که این خود شاید دلیلی بر عدم نزدیکی اثرات مذکور در سطح زیرگروه می باشد. در نمودارهای رسم شده برای اثر تقاضای نهایی این نزدیکی بسیار قابل قبول تر از اثر ساختاری لئونتیف است. به طور کلی از بین اشکال موجود در نمودار ۶، شکل سوم که رابطه بین *LMDI-I* و *LMDI-II* را به نمایش می گذارد؛ رابطه بهتر و سازگارتری را نشان می دهد.

۱. برای مطالعه بیشتر به مقاله مهدی عطوان تحت عنوان "آسیب شناسی کاربرد جدول داده- ستاده غیررسمی در سیاست گذاری های اقتصادی" مراجعه شود.



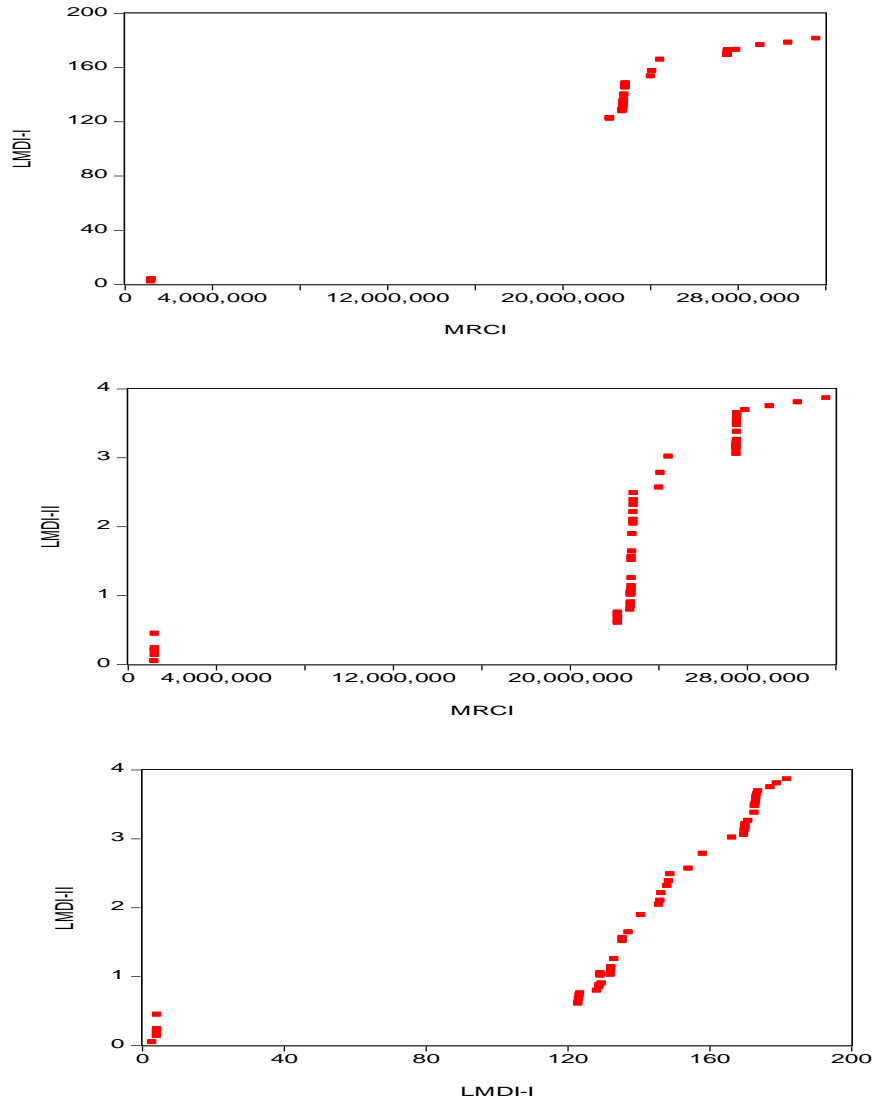
نمودار ۴: مقایسه تخمین‌های اثرشدت‌انتشار در سطوح زیرگروه‌ها ایران (۱۳۸۵ و ۱۳۸۰)
(محور افقی و عمودی CO_2 بر حسب تن)

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۵: مقایسه تخمین‌های اثر ساختاری لئونتیف در سطوح زیرگروه‌ها برای ایران (۱۳۸۰-۱۳۸۵)
(محور افقی و عمودی CO₂ بر حسب تن)

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۶: مقایسه تخمین‌های اثر تقاضای نهایی در سطوح زیرگروه‌ها برای ایران (۱۳۸۰-۱۳۸۵)
(محور افقی و عمودی CO₂ بر حسب تن)

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۴: خلاصه نتایج در سطح زیر گروه‌ها برای ایران سال‌های ۱۳۶۵ - ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ - ۱۳۸۵
(CO₂ بر حسب تن)

شاخص	دوره زمانی	کمترین مقدار			بیشترین مقدار			
		اثرات	لاسیپرز	دیویژیا		لاسیپرز	دیویژیا	
			MRCI	LMDI-I	LMDI-II	MRCI	LMDI-I	LMDI-II
۱۳۷۰-۱۳۶۵	ΔC_{int}	-۲۴/۳	۲/۸۵	۰/۳	۷/۹	۱۶۱/۸	۱۹/۹	
	ΔC_{str}	۲۲/۲	۰/۲	-۱/۶	۱۴۵۶/۵	۲/۲	۰/۲	
	ΔC_{fam}	۰/۱۷	۱/۱۵	-۱/۹۲	۴۸۰۹/۶	۶۱/۲	۲/۴	
۱۳۸۵-۱۳۸۰	ΔC_{int}	۰/۵	۲۵/۱	۰/۵	۱۱۳/۹	۵۱۶/۱	۲۱/۴	
	ΔC_{str}	-۳۹/۹	-۲/۹	-۰/۰۲	۴۵۶۳/۵	۱/۳	-۰/۰۲	
	ΔC_{fam}	۱۱۵۸۹۱۱	۲/۶	۰/۰۵	۳۱۵۵۰۳۹۷	۱۸۱/۷	۳/۹	

مقادیر حداقل و حداکثر میان ۶۰۸۴ زیر گروه در سطح دسته فرعی در جدول ۴ (برای هر روش) نشان داده شده است. خلاصه نتایج در سطح زیر گروه‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است که، برای یک اثر یکسان، ارزش‌های حداقل (مینیمم) و حداکثر (ماکزیمم) در میان روش‌ها متفاوت می‌باشند. مقادیر حداقل و حداکثر میان ۲۶۰۱ زیر گروه در سطح دسته فرعی در جدول ۶ (برای هر روش) نشان داده شده است. برای یک اثر یکسان، ارزش‌های حداقل (مینیمم) و حداکثر (ماکزیمم) در میان روش‌ها متفاوت می‌باشند.

در مقایسه میان مقادیر حداقل و حداکثر دو دوره مشخص خواهد شد که در ماکزیمم مقادیر به طور کلی دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۸۰ مقادیر بیشتری را شامل شده است. از مقایسه مقدار حداکثر اثرات انتشار در سه روش ملاحظه می‌شود که در طی سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ مقدار اثر انتشار افزایش یافته است که ناشی از افزایش مصرف انرژی در کشور می‌باشد، تحلیلی خاصی نمی‌توان در این دوره در مورد اثر ساختار لئوتیف در ایران داشت زیرا در یک روش افزایش و در بقیه موارد کاهش را نشان می‌دهد شاید بتوان گفت که فناوری انرژی وارد شده به کشور خیلی کارآ نبوده است، در طی سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ مقدار اثر نهایی افزایش یافته است این افزایش تقاضای نهایی می‌تواند ناشی از افزایش در شهرنشینی، تغییر در سبک زندگی، دسترسی آسان به انرژی در بخش کشاورزی و مسکونی و پیشرفت‌های اقتصادی صورت گرفته در کشور است که باعث افزایش تقاضای انرژی و در نتیجه منجر به افزایش انتشار آلودگی در کشور شده است.

در همین راستا و با مقایسه حداقل مقادیر، مانند حالت حداکثر مقادیر نمی‌توان به‌طور قطع و یقین از افزایش و یا کاهش سخنی به میان آورد. در این حالت، فقط در روش $LMDI - II$ مقادیر

۱۳۸۰-۱۳۸۵ از مقادیر دوره دیگر بیشتر است. در سایر روش‌ها این کوچک‌تر و بزرگ‌تر بودن، متغیر بوده و روند خاصی را به نمایش نمی‌گذارد.

۶. نتیجه‌گیری

در حقیقت این تحقیق به دنبال مقایسه بین انواع روش‌های مورد استفاده در *SDA* بود؛ که این کار را در دو قسمت جداگانه مورد بررسی قرار داده است. نخست، با استفاده از جداول ۱۳۶۵-۱۳۷۰ به مقایسه بین روش‌های مورد استفاده در خانواده دیویژیا و لاسپیرز پرداخته و اینگونه نتیجه می‌گیرد که در سطح گروه‌ها، این عوامل بیشتر در افزایش انتشار مشارکت دارند تا در کاهش انتشار. در سطوح زیرگروه‌ها نیز با مقایسه بین روش‌های *MRCI*، *LMDI - I* و *LMDI - II* به این نتیجه دست می‌یابد که در اثر تغییرات شدت انتشار، این روش‌ها نزدیکی و سازگاری بسیار بالایی به یکدیگر دارند؛ درحالی‌که این نزدیکی در دو اثر ساختاری لئونتیف و تقاضای نهایی کمتر می‌باشد. البته لازم به ذکر است که از میان این دو اثر، اثر تقاضای نهایی نزدیکی و سازگاری بالاتری را نسبت به اثر دیگر نشان می‌دهد.

در مرحله بعد، با استفاده از جداول داده-ستانده ۱۳۸۰-۱۳۸۵ دوباره در همان چارچوب پیشین به مقایسه بین روش‌های *MRCI*، *LMDI - I* و *LMDI - II* پرداخته شده است. در این مقایسه نیز، در سطح گروه‌ها، تقریباً به همان نتایج قبل دست یافته است؛ به عبارت دیگر، این عوامل بیشتر در افزایش انتشار مشارکت دارند تا در کاهش انتشار و این‌که اثر ساختاری لئونتیف در تعدیل اثرات کل انتشار CO_2 تأثیر بسزایی نداشته است. حال آن‌که، در سطح زیرگروه نتایج حاکی از این موضوع است که هیچ نزدیکی و سازگاری خاصی بین روش‌های *MRCI* با *LMDI - I* و *LMDI - II* در اثر ساختاری لئونتیف وجود ندارد؛ که دلیل این امر را می‌توان در اشکالات عدیده‌ای که در تدوین جدول ۱۳۸۵ وجود داشته است جستجو کرد.

از مقایسه مقدار حداکثر اثرات انتشار در سه روش ملاحظه می‌شود که در طی سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ مقدار اثر انتشار افزایش یافته است که ناشی از افزایش مصرف انرژی در کشور می‌باشد، تحلیلی خاصی نمی‌توان در این دوره، در مورد اثر ساختار لئونتیف در ایران داشت زیرا در یک روش افزایش و در بقیه موارد کاهش را نشان می‌دهد شاید بتوان گفت که فناوری انرژی وارده شده به کشور خیلی کارآ نبوده است، در طی سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ مقدار اثر نهایی افزایش یافته است این افزایش تقاضای نهایی می‌تواند ناشی از افزایش در شهرنشینی، تغییر در سبک زندگی، دسترسی آسان به انرژی در بخش کشاورزی و مسکونی و

پیشرفت‌های اقتصادی صورت گرفته در کشور است که باعث افزایش تقاضای انرژی و در نتیجه منجر به افزایش انتشار آلودگی در کشور شده‌است. با توجه به اینکه اثرات انتشار در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ افزایشی است، به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود که با اجرای دقیق‌تر هدفمند کردن یارانه زمینه کاهش مصرف انرژی را فراهم نمایند. در طی سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ نسبت به ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ مقدار اثر نهایی افزایش یافته است. به سیاست‌گذاران بخش انرژی کشور پیشنهاد می‌شود استفاده از انرژی‌های نو و فناوری‌های انرژی با کارایی بالاتر را برای کاهش انتشار آلودگی مدنظر قرار دهند.

منابع

- ابونوری، عباسعلی، نیکبان، آزاده (۱۳۸۹): "عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویژیا"، فصلنامه مدل‌سازی اقتصاد، سال سوم، شماره ۱: ۷۷-۹۲.
- بهبودی، داود، مهین اصلانی‌نیا، نسیم، سجودی، سکینه (۱۳۸۹): "تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۶: ۱۰۵-۱۳۰.
- توفیق، فیروز (۱۳۷۱): تحلیل داده- ستاده در ایران، انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی، تهران.
- حسن تاش، سیدغلام‌حسین و نادریان، محمدمین (۱۳۸۷): "ارزیابی پتانسیل‌ها و مزایای کاهش شدت انرژی در کشورهای عضو اوپک"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۱۶: ۱۸۴-۱۵۷.
- خلیلی عراقی، منصور، شرزهای، غلامعلی، برخوردار، سجاد (۱۳۹۱): "تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در ایران"، محیط‌شناسی، سال سی و هشتم، شماره ۶۱: ۹۳-۱۰۴.
- دهقان شبانی، زهرا (۱۳۸۵): "تجزیه شدت انرژی در صنایع کشور طی دوره‌ی زمانی ۸۲-۱۳۷۴"، پایان‌نامه کارشناسی- ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه اصفهان.
- شریفی، علیمراد، صادقی، مهدی، نفر، مهدی و دهقان شبانی، زهرا (۱۳۸۷): "تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران"، شماره ۳۵: ۷۹-۱۱۰.
- عباسی، ابراهیم، صادقی، زین‌العابدین و خسروی، سینا (۱۳۸۸): "بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی رهیافت تجزیه شدت انرژی (مطالعه موردی گروه سیمان کرمان)"، هفتمین همایش ملی انرژی کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران.
- فطرس، محمدحسن، معبودی، ر (۱۳۸۹): "رابطه علی مصرف انرژی، جمعیت شهرنشین و آلودگی محیط‌زیست در ایران ۱۳۸۰-۱۳۵۰"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۲۷: ۱-۱۷.
- فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۸۹): "تجزیه‌ی انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش‌های اقتصادی ایران؛ یک تحلیل تجزیه‌ی شاخص"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۲۸: ۴۹-۷۳.
- فطرس، محمدحسن، فردوسی، مهدی و مهریما، حسین (۱۳۹۰): "بررسی تأثیر شدت انرژی و گسترش شهرنشینی بر تخریب محیط زیست در ایران (تحلیل همجمعی)"، محیط‌شناسی، شماره ۶۰: ۱۳-۲۲.
- عطوان، مهدی (۱۳۹۰): "آسیب‌شناسی کاربرد جدول داده- ستاده غیررسمی در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی"، تازه‌های اقتصاد (۱۳۳): ۱۹۱-۲۰۸.
- لطفعلی‌پور، محمدرضا و آشنا، ملیحه (۱۳۸۹): "بررسی عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۱۱۲۱: ۲۴-۱۴۵.
- لئونتیف، واسیلی (۱۳۶۵): "اقتصاد داده- ستانده، ترجمه کورس صدیقی. انتشارات سازمان برنامه و بودجه"، تهران.
- مرکز آمار ایران، جدول داده- ستاده سال ۱۳۶۵.
- مرکز آمار ایران، جدول داده- ستاده سال ۱۳۷۰.
- Ang, B. W., Choi, K. H. (1997); Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *Energy J.* 18 (3), 59-73.
- Ang, B. W., Zhang, F. Q. (2000); A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy* 25 (12), 1149-1176.

- Betts, J. R. (1989); Two exact, non-arbitrary and general methods of decomposition temporal change. *Econ.Lett.* 30 (2), 151-156.
- Bin, Su., Ang, B. W. (2012); Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological development, *Energy Economics Energy Economics*, 34, (1), 177-188.
- Casler, S. D., Rose, A.(1998); Carbon dioxide emission in the U.S. economy: a structural Decomposition analysis. *Environ. Resour. Econ.* 11 (3-4), 349-363.
- Chung, H. S., Rhee, H. C. (2001); A residual-free decomposition of the sources of carbondioxide emissions: a case of the Korean industries. *Energy* 26 (1), 15-30.
- De Boer, P. (2008); Additive structural decomposition analysis and index number theory: an empirical application of the Montgomery decomposition. *Econ. Syst. Res.* 20 (1), 97-109.
- De Boer, P. (2009); Multiplicative decomposition and index number theory: an empirical application of the Sato-Vartia decomposition. *Econ. Syst. Res.* 21 (2), 163-174.
- Decomposition analysis. *Environ. Resour. Econ.* 11 (3-4), 349-363.
- Dietzenbacher, E., Los, B. (1998); Structural decomposition techniques: sense and sensitivity. *Econ. Syst. Res.* 10 (4), 307-323.
- IEA (2009); *World Energy Outlook*, Paris, France, www.iea.org.
- Munksgaard, J., Pedersen, K. A., Wien, M. (2000); Impact of household consumption on CO2 emissions. *Energy Econ.* 22 (4), 423-440.
- Paul, S. and Bhattacharya, R. N. (2004); Emission from Energy Use in India: A Decomposition Analysis. *Energy Policy* 32, 585-593.
- Rose, A., Casler, S. (1996); Input-output structural decomposition analysis: a critical appraisal. *Econ. Syst. Res.* 8 (1), 33-62.
- Tunc, G. I., Turut- Asik, S., Akbostanci, E. (2009); A Decomposition Analysis of Emissions from Energy Use: Turkish Case, *Energy Policy* 37, 4689-4699.
- Wachsmann, U., Wood, R., Lenzen, M., Schaeffer, R., (2009); Structural decomposition of energy use in Brazil from 1970 to 1996. *Appl. Energy* 86 (4), 578-587.
- Weber, C. L. (2009); Measuring structural change and energy use: decomposition of the US economy from 1997 to 2002. *Energy Policy* 37 (4), 1561-1570.
- Wood, R. (2009); Structural decomposition analysis of Australia's greenhouse gas emissions. *Energy Policy* 37 (11), 4943-4948.
- World Bank.(2009); *Changes in CO2 Emissions from Energy Use: A Multi-Country Decomposition Analysis*, Working Paper, N0. 11
- Xing-Ping, Zhang, Ya-Kun, Tan, Qin-Liang, Tan, Jia-Hai, Yuan (2011); Decomposition of Aggregate co2 Emissions within a Joint Production Framwork, *Energy Economics*, ENEECO-02182; No Pages 10.
- Zhou,p., Ang,B.W. (2008); Decomposition of aggregate CO2 emissions: A production-theoretical approach. *Energy Economics*, 30,1054-1067.