## تجزیه شدت انرژی در بخشهای اقتصادی ایران: رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید

#### شبنم لطفي

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی sh.lotfi8@gmail.com

#### على فريدزاد

استادیار و عضو هیئت علمی گروه اقتصاد انرژی، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول) afaridzad@yahoo.com

#### على اصغر سالم

استادیار و عضو هیئت علمی گروه اقتصاد نظری، دانشگاه علامه طباطبائی salem207@yahoo.com

در این مطالعه با استفاده از ترکیب روشهای تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید با رویکرد ضربی و در دو شکل تحلیل زمانی دو دوره ای و زنجیره ای به تجزیه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در قالب آثار تولیدی، ساختاری، شدت انرژی بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی و جانشینی سرمایه با انرژی برای سه بخش اقتصادی کشور، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در دوره زمانی سال های ۱۳۹۱–۱۳۸۵، و به تفکیک انرژی های مصرفی نفت خام و فر آورده های نفتی، گاز طبیعی و برق پرداخته شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که شدت انرژی در طول دوره زمانی مورد بررسی در سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی افزایش داشته است و در این میان به تفکیک بخش های اقتصادی و انرژی مصرفی، اثر تولیدی بیشترین سهم را در توضیح عوامل مؤثر بر تغییرات کل شدت انرژی داشته است و اثر تغییرات کارایی فنی در طی دوره مورد بررسی در کل موجب کاهش مصرف انرژی شده است و اثر تغییرات کارایی فنی، پایین ترین سهم را در توضیح عوامل مؤثر بر اثر شدت انرژی بخشی داشته است و اثر تغییرات کارایی فنی در طی دوره مورد بررسی در کل موجب کاهش مصرف انرژی شده است و اثر تغییرات کارایی فنی، پایین ترین سهم را در توضیح واقعی تر و قابل مصرف کل و شدت انرژی داشته است. همچنین نتایج نشان می دهد مقایسه تحلیل زمانی زنجیره ای نتایج واقعی تر و قابل مصرف کل و شدت انرژی داشته است. همچنین نتایج نشان می دهد مقایسه تحلیل زمانی زنجیره ای نتایج واقعی تر و قابل اعتمادتری را در اختیار سیاستگذاران قرار می دهد.

طبقه بندي JEL: 430, 430، 430، 60L، 60L

واژگان کلیدی: اثر ساختاری، اثر تولیدی، اثر شدت انرژی، تحلیل تجزیه شاخصی، تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید

🕾 تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱۱

#### ۱. مقدمه

نهاده تولیدی انرژی به عنوان افزایش تولید و رشد اقتصادی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، محسوب می شود. پس از اجرای طرح هدفمندی یارانه حاملهای انرژی، مصرف انرژی در سیاستگذاریهای کلان از اهمیت بسیاری برخوردار است. لذا، بهبود در کارایی مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی در بخشهای مختلف اقتصادی ضروری می باشد. استفاده از شاخص شدت انرژی به شکل نسبت مصرف انرژی به ازای هر واحد فعالیت اقتصادی با اشکالات زیادی مواجه است، چرا که شدت انرژی توسط عواملی مانند ترکیب فعالیتهای صنعتی، تغییرات تکنولوژی، قیمت انرژی، جانشینی حاملهای انرژی، تغییر در مدیریت تقاضای انرژی، تغییرات ساختاری اقتصادی از جمله سیاستهای توسعه صنعتی و تغییرات تقاضای مصرف کننده تحت تأثیر قرار می گیرد (فریدزاد، ۱۳۹۴). این عوامل تأثیر گذار می توانند بر صورت و مخرج کسر شدت انرژی به شکلهای مختلف مؤثر باشند. لذا پژوهشگران به منظور تبیین بهتر اجزای شدت انرژی، تجزیه این نسبت را پیشنهاد دادهاند.

یکی از روش های تجزیه نسبت شدت انرژی، روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) میباشد که قادر است شاخص شدت انرژی را به سه اثر ساختاری، تولیدی و شدت انرژی بخشی ۲، تجزیه نماید شاخص تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) شدت انرژی بخشی را به چهار اثر تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی (تغییرات در نسبت نیروی کار به انرژی) و جانشینی سرمایه با انرژی (تغییرات در نسبت سرمایه به انرژی) تجزیه می کند تر کیب این دو روش تجزیه (روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید) به طور هم زمان ویژگی های متعددی را مورد توجه قرار می دهد از جمله اینکه هیچ نوع عامل باقیمانده یا پسماند یا

<sup>1.</sup> Index Decomposition Analysis (IDA)

۲. منظور شدت انرژی بخش های اقتصادی می باشد.

<sup>3.</sup> Production. Theoretical Decomposition Analysis (PDA)

شرح داده نشدهای در تغییرات شدت انرژی وجود ندارد. روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) به تنهایی با محدودیتهایی مواجه است که شامل ارائه نتیجه گیری مبهم و معکوس در اثر ساختاری و تولیدی می باشد. پیوند روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) با روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) می تواند علاوه بر رفع محدودیتهای روش تجزیه مبتنی بر تولید، شدت انرژی را در قالب هفت اثر ساختاری، تولیدی، شدت انرژی بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی و جانشینی سرمایه با انرژی مورد بررسی قرار دهـد. ایـن مدل (ترکیب روش تحلیل تجزیه شاخصی و روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید) قادر است در سطح بخشهای اقتصادی به کار گرفته شود. نو آوری این پژوهش نسبت به پژوهشهای گذشته در کشور این است که یژوهش های پیشین عوامل مؤثر بر تغییرات شدت انرژی را تنها به سه اثر تولیدی، اثر ساختاری و اثر شدتی تجزیه کردهاند، اما پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید عوامل مؤثر بر تغییرات شدت انرژی را به هفت اثر تولیدی، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی (تغییرات در نسبت نیروی کار به انرژی) و جانشینی سرمایه بـا انـرژی (تغییرات در نسبت سرمایه به انرژی) در سه بخش اقتصادی صنعت، حمل و نقل و کشاورزی و بـه تفکیک انرژیهای مصرفی نفت خام و فرآوردههای نفتی، گاز طبیعی و برق تجزیه کرده است، لذا پژوهش حاضر بهصورت دقیق تر و با جزئیات بیشتری تغییرات شدت انرژی را تجزیه مینماید. از این رو، مطالعه حاضر با هدف تحلیل و تجزیه عوامل مؤثر بر شدت انـرژی از طریـق روش ترکیبی یاد شده، به بررسی تغییرات شدت انرژی بین سالهای ۱۳۹۱–۱۳۸۵ برای بخشهای

ترکیبی یاد شده، به بررسی تغییرات شدت انرژی بین سالهای ۱۳۹۱–۱۳۸۵ برای بخشهای اقتصادی ایران می پردازد. مصرف نهایی انرژی در سال ۱۳۳۸، ۱۳۳۸ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است که بعد از اصلاح قیمت حاملهای انرژی در سال ۱۳۸۹، مصرف انرژی در سال ۱۳۹۸، مصرف انرژی در سال ۱۳۹۸، مصرف انرژی در سال ۱۳۹۰ به ۱۰۶۰۱ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است. پژوهش حاضر با محوریت دو پرسش اساسی ارائه شده است. اول آن که، تغییرات کل شدت انرژی در طی دوره مورد بررسی در بخشهای مورد بررسی، کدامیک از عوامل تأثیر بیشتری بر اثر شدت انرژی بخشی دارد.

بنابراین، مطالعه حاضر در شش بخش سازماندهی شده است. در بخش دوم به ارائه مبانی نظری تحلیل تجزیه عؤامل مؤثر بر شدت انرژی اختصاص یافته است. در بخش سوم، روش شناسی پژوهش در خصوص تحلیل تجزیه عؤامل مؤثر بر شدت انرژی با استفاده از ترکیب روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) با تکنیک ضربی اثبات و ارائه شده است. در بخش چهارم، به بررسی مطالعات تجربی صورت گرفته در این زمینه پرداخته شده است. در بخش پنجم، نتایج حاصل از به کارگیری روش پژوهش ارائه شده است. در این بخش به تفصیل تغییرات شدت انرژی در بخش های اقتصادی کشور برای کل انرژی و به تفکیک حامل های انرژی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در پایان نتیجه گیری و پیشنهادات سیاستی این مطالعه ارائه خواهد شد.

## ۲. مبانی نظری: تجزیه عوامل مؤثر بر شدت انرژی

بررسی مطالعات گذشته نشان می دهد که دو روش کلی و عمومی برای تجزیه شدت انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. روش اول، تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) بر مبنای جداول داده - ستانده (I-O) می باشد و با استفاده از اطلاعاتی مانند ضرایب داده - ستانده و تقاضای نهایی ساخته می شود و به دلیل اینکه جدول داده - ستانده در بسیاری از کشورها هر سال تهیه نمی شود، در کشورهایی که این جدول برای دورههای نزدیک تشکیل نمی شود، قابل استفاده نیست. این روش از حجم اطلاعات بیشتر و مدلهای اقتصادی پیچیده تری در مقایسه با سایر روش ها استفاده می کند. روش تحلیل تجزیه ساختاری وابستگی های مستقیم و غیرمستقیم همه بخش های اقتصادی را در نظر می گیرد (غنی کسب، ۱۳۹۳).

روش دوم، تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) بر مبنای تئوری عدد شاخص می باشد. در تحلیل تجزیه شاخصی ستانده هر بخش در تجزیه اقتصادی به کار می رود (اللهیاری ثانی، ۱۳۹۱). این روش به حجم داده های کمتری نسبت به جدول داده ستانده نیاز دارد و هر ساله می توان آن را تهیه نمود. در مطالعات انجام شده، بیشتر از این روش استفاده شده است. تحلیل تجزیه شاخصی جزئیات بیشتری را در مورد دوره های زمانی و کشورهای مورد بررسی مشخص می کند.

تحلیل تجزیه شاخصی به دو روش، تحلیل تجزیه شاخصی بر پایه شاخص لاسپیرز و تحلیل تجزیه شاخصی بر پایه شاخص دیویژیای میانگین تجزیه شاخصی بر پایه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI) می باشد (غنی کسب، ۱۳۹۳).

روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) اولین بار توسط توروانگر (۱۹۹۱) جهت محاسبه و تجزیه شدت انتشار دی اکسید کربن استفاده شد. پس از آن در سال ۱۹۹۸ به طور فنی در تجزیه و تحلیل شدت انرژی مورد استفاده قرار گرفت. در بسیاری از پژوهش های داخلی و بین المللی روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) در برخی مواقع دارای مقادیر باقیمانده و پسماند می باشد.

بر اساس مطالعه آنگ و ژانگ (۲۰۰۰) مقادیر باقیمانده عمدتاً خود را در اثر شدت انرژی بخشی نمایان میسازند، اثر شدت انرژی بخشی به چهار اثر جانشینی انرژی با سایر نهادههای تولیدی، تغییرات کارایی فنی و تغییرات تکنولوژی تجزیه می شود که در بسیاری از مطالعات به آن توجه نشده است. روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) به لحاظ دوره زمانی به دو شکل دو دورهای (بر اساس سال مبنا و سال نهایی) و زنجیرهای (سالهای میانی نیز در کنار سال مبدأ و مقصد در نظر گرفته می شوند) محاسبه می شود. روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) قادر است شدت انرژی را به سه اثر ساختاری، تولیدی و شدت انرژی بخشی، تجزیه نماید. اثر ساختاری: به تغییر در مصرف انرژی حاصل از تغییر در ترکیب یا سهم فعالیتهای اقتصادی دلالت دارد کایمن و برایان آ، ۲۰۱۰). اثر تولیدی: به تغییر در کل مصرف انرژی به واسطه افزایش در تولید و حجم فعالیتهای اقتصادی گفته می شود (کایمن و برایان، ۲۰۱۰). اثر شدت انرژی: میزان مصرف انرژی به ازای هر واحد فعالیت (تولید یا ارزش افزوده) را نشان می دهد (کایمن و برایان، ۲۰۱۰).

لین و دیو<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) پیشنهاد می کنند که اثر شدت انرژی بخشی مجدداً با روش دیگری تجزیه شود تا تصویر واقع بینانه تر و با جزئیات بیشتری از عوامل مؤثر بر شدت انرژی ارائه شود یکی از

<sup>1.</sup> Index Decomposition Analysis (IDA)

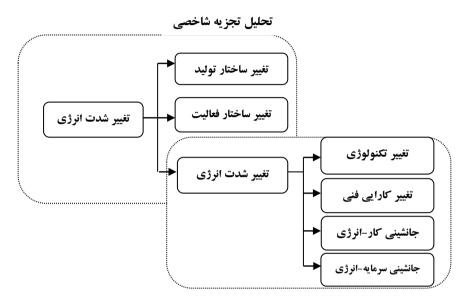
<sup>2.</sup> Torvanger

<sup>3.</sup> Ang and Zhang

<sup>4.</sup> Caiman and Brian

<sup>5.</sup> Lin and Du

این روشها، روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) است که اثر شدت انرژی بخشی را به چهار اثر تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی و جانشینی سرمایه با انرژی تجزیه می کند.



تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید

نمودار ۱. چارچوب تجزیه ترکیب یافته

مبانی نظری روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) شاخص بهرهوری مالم کوئیست و تابع تولید مسافت میباشد. شاخص بهرهوری مالم کوئیست، بهرهوری کل را به دو جزء تغییرات تکنولوژی و تغییرات کارایی تفکیک کرده است. تابع تولید مسافت حداکثر تولید را با فرض نهاده ورودی و تکنولوژی داده شده مشخص می کند. تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) اولین بار توسط ژو و آنگ (۲۰۰۸) مطرح شد که چارچوبی برای تجزیه انتشار دی اکسید کربن (CO2)

<sup>1.</sup> Zhou and Ang

مبتنی بر تئوری تولید ارائه دادند. روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) با محدودیتهایی که شامل ارائه نتیجه گیری مبهم و معکوس در اثر ساختاری و اثر تولیدی می باشد مواجه است. همچنین بر مبنای روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) عوامل مؤثر بر تغییرات شدت انرژی در قالب سه اثر ساختاری، تولیدی و شدت انرژی بخشی مورد بررسی قرار می گیرد. اما برخی عوامل اساسی (مانند تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی انرژی با نیروی کار و جانشینی انرژی با سرمایه) که از دیگر عوامل مؤثر و قابل شناسایی در تغییر شدت انرژی هستند در چارچوب تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) نمی تواند مورد سنجش قرار بگیرد، لذا پیوند روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) با روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) می تواند شدت انرژی را در قالب هفت اثر ساختاری، تولیدی، شدت انرژی بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی و جانشینی سرمایه با انرژی مورد بررسی قرار دهد و همچنین فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی و جانشینی سرمایه با انرژی مورد بررسی قرار دهد و همچنین هیچ نوع عامل پسماند یا باقیمانده یا شرح داده نشده ای در تغییرات شدت انرژی نخواهیم داشت.

# ۳. روش تجزیه شدت انرژی از طریق ترکیب روشهای تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA)

در اولین مرحله از تجزیه، از روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) برای اثر ساختاری، تولیدی و شدت انرژی بخشی استفاده می شود. در دومین مرحله، تغییرات شدت انرژی بخشی از طریق روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) به تغییرات تکنولوژیکی، تغییرات کارایی فنی، جانشینی نیروی کار با انرژی و جانشینی سرمایه با انرژی تفکیک خواهد شد جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش، ایران در سطح زیربخشهای اقتصادی صنعت، حمل و نقل و کشاورزی می باشد. متغیرهای پژوهش شامل ارزش افزوده رشته فعالیتهای اقتصادی کشور به قیمتهای ثابت در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در دوره مورد بررسی بر حسب میلیارد ریال، جمع ارزش افزوده رشته فعالیتها در دوره مورد بررسی بر حسب میلیارد ریال، جمع ارزش افزوده رشته فعالیت ها در دوره مورد بررسی بر حسب میلیارد ریال، کل انرژی مصرفی بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام، مصرف از انرژی نفت خام و فر آوردههای نفتی، گاز طبیعی و کل برق در بخشهای صنعت، حمل و نقل و ن

کشاورزی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام، شاغلان بر حسب جنس، سن و گروههای عمده فعالیت و موجودی سرمایه خالص به قیمتهای ثابت ۱۳۸۳ بر حسب میلیارد ریال می باشد. که این اطلاعات با استفاده از مرکز آمار ایران، بانک مرکزی و ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳ به دست می آیند. بر اساس مطالعه لین و دیو  $(۲۰۱۴)^1$  فرض می کنیم، کل اقتصاد شامل M بخش مختلف، J تعداد انواع مختلف انرژی در حال استفاده می باشد.

t منطقه  $^{7}$  در زمان n

تعريف	نام متغير
توليد انبوه	$Y_t^n$
i تولید از بخش	$Y_{i,t}^n$
i کل انرژی مصرفی از بخش	$E_{i,t}^n$
i مصرف از انرژی j در بخش	$E_{ij,t}^n$
کل شدت انرژی	$I_t^n$
i شدت انرژی برای بخش	$I_{i,t}^n$
سهم تولید از بخش i در تولید انبوه	$S_{i,t}^n$
سهمی از انرژی j در کل انرژی مصرفی در بخش	$F_{ij,t}^n$
ديو (۲۰۱۴)	مأخذ: لين و د

<sup>1.</sup> Lin and Du

۲. این رویکرد می تواند در سطح استانها و مناطق مختلف به کار گرفته شود. با این وجود در این مطالعه تنها در یک منطقه و در ایران (یک کشور) اهداف پژوهش حاضر پیگیری خواهد شد.

كل شدت انرژى به صورت زير بيان مى شود:

$$\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{J} I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} = I_{t}^{n} = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{J} \frac{E_{i,t}^{n}}{Y_{i,t}^{n}} \times \frac{Y_{i,t}^{n}}{Y_{t}^{n}} \times \frac{E_{ij,t}^{n}}{E_{i,t}^{n}}$$
(1)

t, au با توجه به مطالعه آنگ  $(200\%)^1$  اشکال ضربی تجزیه تغییرات شدت انرژی بین زمان به صورت زیر بیان می شود:

$$D_{tot}^{n} = \frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}} = \exp \left\{ \begin{array}{l} M \quad J \\ \sum \sum \sum \limits_{i=1}^{n} \frac{L(I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} \cdot \mathcal{I}_{i,\tau}^{n} \times S_{i,\tau}^{n} \times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})} \times Ln \frac{I_{i,t}^{n}}{I_{i,\tau}^{n}} \right\}$$

$$\times \exp \left\{ \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{J} \frac{L(I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} \mathcal{I}_{i,\tau}^{n} \times S_{i,\tau}^{n} \times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})} \times Ln \frac{S_{i,t}^{n}}{S_{i,\tau}^{n}} \right\}$$

$$\times \exp\left\{\frac{M}{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{L(I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} \mathcal{I}_{i,\tau}^{n} \times S_{i,\tau}^{n} \times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})} \times L_{n} \frac{F_{ij,t}^{n}}{F_{ij,\tau}^{n}}\right\} \tag{7}$$

$$D_{tot}^{n} = D_{Sei}^{n} \times D_{Str}^{n} \times D_{ec}^{n} \tag{(7)}$$

 $D^n_{str}$  معادله (۲) تغییرات کلی شدت انرژی را نشان می دهد  $D^n_{sei}$  اثر شدت انرژی بخشی و  $D^n_{sei}$  اثر ساختاری و  $D^n_{ec}$  اثر تولیدی را بیان می کند. معادله (۳) میانگین لگاریتمی می باشد. به منظور بررسی بیشتر عوامل مؤثر بر تغییرات شدت انرژی بخشی، روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) در مرحله دوم به کار می رود. برای بخش i تکنولوژی تولید به صورت زیر بیان می شود:

<sup>1.</sup> Ang

$$L(X,Y) = \frac{(X-Y)}{(Lnx-LnY)} \qquad Y_{i,t}^{n}$$
 (6)

مى تواند توليد كند

$$T_{i,t} = \{(L_{i,t}^n, K_{i,t}^n, E_{i,t}^n, Y_{i,t}^n) : (L_{i,t}^n, K_{i,t}^n, E_{i,t}^n)\}$$

به طور کلی، بخش های مختلف اقتصادی از انواع مختلفی از تکنولوژی تولید استفاده می کنند.

تكنولوژى توليد بخش i بهصورت زير بيان مىشود:

$$T_{i,t} = \{ (L_{i,t}, K_{i,t}, E_{i,t}, Y_{i,t}) : \sum_{n=1}^{N} L_{i,t}^{n} \le L_{i,t}, \quad \sum_{n=1}^{N} K_{i,t}^{n} \le K_{i,t}, \sum_{n=1}^{N} E_{i,t}^{n} \le E_{i,t},$$

$$\sum_{n=1}^{N} Y_{i,t}^{n} \ge Y_{i,t} \quad n = 1,...,N$$
 (5)

تابع تولید مسافت شفارد در زمان t به صورت زیر بیان می شود:

$$D_{i,t}^{n}(L_{i,t}^{n},K_{i,t}^{n},E_{i,t}^{n},Y_{i,t}^{n}) = \inf\{\alpha: (L_{i,t}^{n},K_{i,t}^{n},E_{i,t}^{n},\frac{Y_{i,t}^{n}}{\alpha}) \in T_{i,t}\} \ (\hat{\gamma})$$

$$D_{i,t}^{n}(L_{i,t}^{n},K_{i,t}^{n},E_{i,t}^{n},Y_{i,t}^{n}) = \min\{\alpha: (L_{i,t}^{n},K_{i,t}^{n},E_{i,t}^{n},\frac{Y_{i,t}^{n}}{\alpha}) \in T_{i,t}\}$$

معادله (۶) حداکثر تولید  $Y_{i,t}^{n}$  با فرض نهاده ورودی و تکنولوژی داده شده را نشان میدهد.

ونگ بیان نمود که با در نظر گرفتن تکنولوژی تولید در دوره زمانی t، به عنوان یک مرجع تغییر شدت انرژی بخش i بین زمان t و  $\tau$ ، می توانیم تغییرات کل شدت انرژی را به شرح زیر تجزیه نمائیم:

$$\frac{I_{i,t}^n}{I_{i,\tau}^n} = \frac{\frac{E_{i,t}^n}{Y_{i,t}^n}}{[\frac{D_{i,t}^n(L_{i,t}^n,K_{i,t}^n,E_{i,t}^n,Y_{i,t}^n)}{P_{i,t}^n}]} \times [\frac{D_{i,t}^n(L_{i,t}^n,K_{i,t}^n,E_{i,t}^n,Y_{i,t}^n)}{D_{i,t}^n(L_{i,\tau}^n,K_{i,\tau}^n,E_{i,\tau}^n,Y_{i,\tau}^n)}] \times [\frac{D_{i,t}^n(L_{i,\tau}^n,K_{i,\tau}^n,E_{i,\tau}^n,Y_{i,\tau}^n)}{D_{i,t}^n(L_{i,\tau}^n,K_{i,\tau}^n,E_{i,\tau}^n,Y_{i,\tau}^n)}] \times [\frac{D_{i,t}^n(L_{i,\tau}^n,K_{i,\tau}^n,E_{i,\tau}^n,Y_{i,\tau}^n)}{D_{i,t}^n(L_{i,\tau}^n,K_{i,\tau}^n,E_{i,\tau}^n,Y_{i,\tau}^n)}]$$

$$PEIC_{i,t}^{n} \times TECE_{i}^{n} \times TCE_{i}^{n}(\tau)$$
(V)

معادله (۷) شدت انرژی بخش i را نشان می دهد  $PEIC_{i,t}^n$  مشتر ک نشأت گرفته از تغییرات در نسبت نیروی کار و سرمایه به انرژی می باشد و  $TECE_i^n$  تغییرات تکنولوژی است که بهبود تکنولوژی شدت انرژی را کاهش می دهد و  $TCE_i^n$  تغییرات کارایی فنی می باشد که بهبود کارایی فنی شدت انرژی را کاهش می دهد. در معادله (۶) تابع تولید مسافت، همگن خطی در تولید می باشد و با استفاده از این ویژگی  $PEIC_{i,t}^n$  به صورت زیر بازنویسی می شود:

$$PEIC_{1,t}^{n} = \frac{E_{1,t}^{n} \times D_{1,t}^{n}(L_{1,t}^{n}, K_{1,t}^{n}, E_{1,t}^{n}, 1)}{E_{1,\tau}^{n} \times D_{1,t}^{n}(L_{1,\tau}^{n}, K_{1,\tau}^{n}, E_{1,\tau}^{n}, 1)}$$
(A)

بر اساس مطالعه ژو و آنگ (۲۰۰۸) و ونگ (۲۰۱۱ و ۲۰۱۱) فرض می شود که تکنولوژی تولید دارای بازده ثابت به مقیاس است، بنابراین تابع تولید مسافت همگن از درجه (۱–) در نهاده های ورودی می باشد و ونگ (۲۰۰۷) بیان نمود که بر اساس این ویژگی معادله (۸) به صورت زیر بازنویسی می شود:

$$PEIC_{t}^{i} = \frac{D_{t}^{i}(l_{i,t}, k_{i,t}, 1, 1)}{D_{t}^{i}(l_{i,\tau}, k_{i,\tau}, 1, 1)}$$
(4)

معادله (۹) اثر مشترک نشأت گرفته از تغییرات در نسبت نیروی کار و سرمایه به انرژی را توصیف میکند.

<sup>1.</sup> Zhou and Ang

<sup>2.</sup> Wang

<sup>3.</sup> Wang

$$PEIC_{i,t}^{n} = \sqrt{\frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,t}^{n},k_{i,t}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}} \times \frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,t}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}} \times \sqrt{\frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,t}^{n},k_{i,t}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,t}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}} \times \frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,t}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}} \times \frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,t}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}} \times \frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,t}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}} \times \frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)} \times \frac{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash, \backslash)}{D_{i,t}^{n}(l_{i,\tau}^{n},k_{i,\tau}^{n}, \backslash,$$

$$= LESE_{i,t}^{n} \times KESE_{i,t}^{n} \tag{1.}$$

$$l_{i,t}^{n} = \frac{L_{i,t}^{n}}{E_{i,t}^{n}} \, \mathcal{I}_{k_{i,t}}^{n} = \frac{K_{i,t}^{n}}{E_{i,t}^{n}}$$

نسبت کار به انرژی و سرمایه به انرژی میباشد.

در معادله (۱۰)  $LESE_{i,t}^n$  و  $KESE_{i,t}^n$  اثرات تغییرات نسبت کار به انرژی و نسبت سرمایه به انرژی را به تر تیب توصیف می کنند.

if  $l_{i,t}^n > l_{i,\tau}^n$ , then  $LESE_{i,t}^n \le 1$ ; if  $k_{i,t}^n > k_{i,\tau}^n$ , then  $KESE_{i,t}^n \le 1$ .

این خواص نشان می دهد که با افزایش نسبت های کار و سرمایه به انرژی شدت انرژی در حال کاهش است.

جایگزینی معادله (۱۰) به جای معادله (۷) معادله زیر را می دهد:

$$\frac{I_{i,t}^{n}}{I_{i,\tau}^{n}} = LESE_{i,t}^{n} \times KESE_{i,t}^{n} \times TCE_{i}^{n}(\tau) \times TECE_{i}^{n} \tag{11}$$

وقتی تکنولوژی تولید در زمان au به عنوان مرجع استفاده می شود تغییرات شدت انرژی بین ۲ دوره مصورت زیر تجزیه می شود:

$$\frac{I_{i,t}^{n}}{I_{i,\tau}^{n}} = LESE_{i,\tau}^{n} \times KESE_{i,\tau}^{n} \times TCE_{i}^{n}(t) \times TECE_{i}^{n}$$
(17)

بنابراین تجزیه نهایی از مرحله دوم بهصورت معادله (۱۳) بیان می شود:

$$\frac{I_{i,t}^n}{I_{i,\tau}^n} = \sqrt{[LESE_{i,\tau}^n \times LESE_{i,t}^n]} \times \sqrt{[KESE_{i,\tau}^n \times KESE_{i,t}^n]} \times [TCE_i^n(t) \times TCE_i^n(\tau)] \times TECE_i^n(\tau)$$

$$= LESE_{i}^{n} \times KESE_{i}^{n} \times TCE_{i}^{n} \times TECE_{i}^{n}$$

$$(17)$$

معادله (۱۳) را به جای  $D^n_{sei}$  (تغییر شدت انرژی بخشی) جایگزین می کنیم.

$$D_{sei}^{n} = \exp \{ \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{J} \frac{L(I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} \supset I_{i,\tau}^{n} \times S_{i,\tau}^{n} \times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})} Ln(LESE_{i}^{n} \times KESE_{i}^{n} \times TEC_{i}^{n} \times TECE_{i}^{n}) \}$$

$$=\exp(\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{J}\frac{L(I_{i,t}^{n}\times S_{i,t}^{n}\times F_{ij,t}^{n}\Im I_{i,\tau}^{n}\times S_{i,\tau}^{n}\times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})}Ln\,LESE_{i}^{n})$$

$$\times \exp(\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{J} \frac{L(I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} \mathcal{I}_{i,\tau}^{n} \times S_{i,\tau}^{n} \times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})} Ln \ KESE_{i}^{n})$$

$$\times \exp(\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{J} \frac{L(I_{i,t}^{n} \times S_{i,t}^{n} \times F_{ij,t}^{n} \mathcal{I}_{i,\tau}^{n} \times S_{i,\tau}^{n} \times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})} LnTEC_{i}^{n})$$

$$\times \exp(\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{J}\frac{L(I_{i,t}^{n}\times S_{i,t}^{n}\times F_{ij,t}^{n}\mathcal{I}_{i,\tau}^{n}\times S_{i,\tau}^{n}\times F_{ij,\tau}^{n})}{L(\frac{I_{t}^{n}}{I_{\tau}^{n}})}LnTECE_{i}^{n})$$

$$=D_{le}^{n} \times D_{ke}^{n} \times D_{tc}^{n} \times D_{tec}^{n} \tag{14}$$

معادله (۱۴) تغییرات شدت انرژی بخشی را توصیف می کند و نشان می دهد که ۴ نیروی محرک  $D^n_{tc}$ , معادله وجود دارد. برای مثال،  $D^n_{lc}$ جانشینی کار با انرژی، کار با انرژی، میرمایه با انرژی، میرمایه با انرژی،

تغییرات تکنولوژیکی و  $D^n_{tec}$  تغییرات کارایی فنی میباشد. تجزیه نهایی به شرح زیر ارائه می شود:

$$D_{tot}^{n} = D_{le}^{n} \times D_{ke}^{n} \times D_{tc}^{n} \times D_{tec}^{n} \times D_{str}^{n} \times D_{ec}^{n}$$
(10)

معادله (۱۵) تمام مکانیسمهای تغییرات شدت انرژی را توصیف می کند، هر یک از ۶ اجزاء با ارزش کمتر از یک، به کاهش شدت انرژی کمک می کند.

## ٤. مروري بر مطالعات تجربي

مطالعات تجربی گستردهای در زمینه تجزیه شدت انرژی در سطح داخلی و بینالمللی صورت گرفته است که در ادامه به جدیدترین و مهم ترین این مطالعات که به این پژوهش یاری رساندهاند، اشاره می شود.

ژانگ و لاهر (۲۰۱۴) با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) به این نتیجه رسیده اند که در طی سالهای ۲۰۰۷-۲۰۰۲ در چین، به نظر می رسد که تغییرات در ساختار تولید، مصرف انرژی را در بسیاری از مناطق بهبود داده است و بهبود بهره وری انرژی منجر به کاهش قابل توجه در شدت انرژی می شود.

ذنگ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) در چین پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که تغییر در ساختار تولید منجر به تغییر اقتصاد چین به صنایع وابسته به انرژی می شود.

فرناندز ، لنداجو و پرسنو (۲۰۱۳) ۳ به بررسی شاخص شدت انرژی در کشورهای اروپایی با استفاده از شاخص دیویژیا پر داختهاند و استراتژیهای پیشنهادی آنها شامل ارتقا و انطباق با

<sup>1.</sup> Zhang and Lahr

<sup>2.</sup> Zeng et al.

<sup>3.</sup> Fernandez et al.

تکنیکهای کار آمدتر، نو آوری، بهبود استفاده از فناوری، تحقیق و توسعه و جایگزینی برای انرژی با کیفیت بالاتر می باشد.

آنگ (۲۰۰۴) در مهم ترین مقاله خود روشهای مختلف تحلیل تجزیه را با یکدیگر مقایسه کرد و نتیجه گرفت روش شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا (LMDI) از سایر روشهای موجود به لحاظ سیاستگذاری از کارایی بالاتری برخوردار است.

ونگ (۲۰۰۷) به بررسی تجزیه تغییرات بهرهوری انرژی: با استفاده از رویکرد تابع فاصله پرداخته است وی در مطالعه خود به این نتیجه رسیده است که برای تجزیه تغییرات بهرهوری انرژی در ۲۳ کشور OECD در دوره مورد بررسی، تغییرات تکنولوژیکی مهم ترین منبع است و افزایش در نسبت سرمایه به انرژی و اهمیت رو به رشد در انرژی مصرفی برق نیز به آن کمک می کند.

ونگ (۲۰۱۱) به بررسی رشد بهرهوری انرژی در چین برای استانهای پکن و شانگهای با استفاده از روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) پرداخته است. وی در مطالعه خود به این نتیجه رسیده است که تغییرات در ساختار صنعت در دوره زمانی مورد بررسی کمک منفی به کاهش شدت انرژی کرده است.

رشیدی زاده و جهانگرد (۱۳۹۰) به تجزیه و تحلیل شدت انرژی در فعالیت های اقتصاد ایران پر داخته اند. آن ها با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) نشان می دهند که در بیشتر صنایع اثر شدت از اثر ساختار تأثیر گذار تر بوده و در اکثر موارد اثر شدت در جهت افزایش شدت از ژی حرکت کرده است.

اللهیاری ثانی (۱۳۹۱) به بررسی و تحلیل منابع مصرف انرژی در اقتصاد کشورهای ایران، اندونزی و نروژ با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که مصرف انرژی در ایران بیش از مصرف انرژی در کشورهای نروژ و اندونزی بوده است عامل ضریب شدت انرژی بیشترین تأثیر را در افزایش مصرف انرژی در این سه کشور داشته است.

<sup>1.</sup> Ang

<sup>2.</sup> Wang

حیدری و صادقی (۱۳۸۲) به تحلیل و تجزیه کارایی انرژی در اقتصاد ایران پرداختهاند. آنها با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) نشان می دهند که عدم کارایی انرژی در اقتصاد ایران در دوره مورد نظر ناشی از بالا بودن اثر شدت خالص بوده و اثر ساختاری، پایین ترین سهم را در توضیح رشد مصرف کل و شدت انرژی داشته است.

شریفی و همکاران (۱۳۸۷) به تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران پرداختهاند. آنها با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) نشان می دهند که در نه صنعت مورد بررسی، مهم ترین اثر در تغییرات مصرف انرژی، ناشی از خود مصرف انرژی است و اثر ساختاری سهم ضعیفی در تغییرات شدت انرژی داشته است.

ابونوری و نیکبان (۱۳۸۸) به بررسی عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویژیا (مطالعه موردی سیمان تهران) پرداخته اند. آنها به این نتیجه رسیده اند که مهم ترین عامل تغییرات شدت انرژی در صنعت سیمان تهران را در دوره مربوطه، اثر تولیدی و اثر شدتی مصرف انرژی می دانند.

بهبودی و میهن اصلانی نیا و سجودی (۱۳۸۹) به بررسی تجزیه شدت انرژی و عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران پرداخته اند. آن ها با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) نشان می دهند که تغییرات ساختاری اقتصاد و کاهش بهره وری انرژی و همچنین قیمتهای انرژی از عوامل بسیار مهم توضیح دهنده تغییرات شدت انرژی هستند.

گلی و اشرفی (۱۳۸۹) به بررسی شدت انرژی کشور و تجزیه آن با استفاده از شاخص ایده آل فیشر در ایران پرداخته اند. آنها در مطالعه خود به این نتیجه رسیده اند که عمده تغییرات شدت انرژی را ناشی از آثار شدتی انرژی می دانند در حالی که تغییرات ساختار و یا حجم فعالیت های تولیدی در دوره مربوطه تغییرات شدت انرژی را توضیح نمی دهند.

جهانگرد و تجلی (۱۳۹۰) به تجزیه شدت انرژیبری در صنایع کارخانه ای ایران پرداخته است. او با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) به این نتیجه رسیده است که در کل صنعت، اثر شدت نسبت به اثر ساختار سهم بیشتری در تغییرات اثر کل دارد و در بیشتر صنایع نیز

اثر شدت از اثر ساختار تأثیرگذار تر بوده و در برخی موارد نیز هر دو اثر، مؤثر بودهانـد و در بیشـتر موارد اثر شدت در جهت کاهش شدت انرژیبری حرکت کرده است.

آرمن و تقیزاده (۱۳۹۲) به بررسی تحولات شدت انرژی و عوامل مؤثر بر آن در صنایع فلزات اساسی با استفاده از رویکرد تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) پرداخته اند. آنها به این نتیجه رسیده اند که اثر ساختاری تأثیر چندانی بر شدت انرژی ندارد و اثر شدتی در جهت کاهش شدت انرژی و صرفه جویی در مصرف انرژی حرکت کرده است.

فریدزاد (۱۳۹۴) به بررسی تحلیل تجزیه شدت انرژی در صنایع انرژیبر ایران با استفاده از روش شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا (LMDI) با تأکید بر رویکرد زمانی دو دورهای و زنجیرهای پرداخته است. وی در مطالعه خود به این نتیجه رسیده است که شدت انرژی در طول دوره زمانی مورد بررسی در بخش صنعت افزایش یافته است و اثر شدت انرژی و اثر تولیدی به ترتیب بیشترین سهم را در توضیح عوامل مؤثر بر شدت انرژی داشته اند و مقایسه تحلیل زمانی زنجیره ای نتایج واقعی تر و قابل اعتماد تری را در اختیار سیاستگذاران قرار می دهد.

مشاهده می شود عمده مطالعات داخلی از رویکرد تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) بهره برده اند در حالی که سایر روشهای تجزیه شدت انرژی به ویژه رویکرد تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید (PDA) و ترکیب آن با رویکرد تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) مورد استفاده قرار نگرفته است. در پژوهش حاضر به طور همزمان ترکیبی از دو شاخص تحلیل تجزیه شاخصی (IDA) و تحلیل تجزیه مورد مبتنی بر تولید (PDA) به کار گرفته شده است که تاکنون در پژوهش ها و مطالعات داخلی مورد توجه پژوهشگران قرار نگرفته است.

#### ٥. بررسي و تحليل نتايج

در ادامه، بر اساس آمارهای مصرف انرژی سه بخش اقتصادی کشور، شدت انرژی بین دوره زمانی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱مورد بررسی قرار می گیرد. در این میان از دو نوع تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای جهت تجزیه علل تغییرات شدت انرژی در کشور در بخشهای اقتصادی بهره گرفته می شود.

## ٥-١. تحليل تجزيه دو دورهاي شدت انرژي (١٣٨٥-١٣٩١)

جدول ۲. تجزیه دو دورهای ضربی شدت انرژی به تفکیک بخشهای اقتصادی با استفاده از رویکرد ترکیبی IDA& PDA

کشاورزی	حمل و نقل	صنعت	
1/171	•/٩٨٧٣	1/8088	تغییرات کل
1/0.59	•/٩٩٩٣	1/0089	اثر تولیدی
1/.744	1/7878	1/-114	اثر ساختاری
1/+91	•/٧٨٢۶	1/447	اثر شدت انرژی ب <b>خ</b> شی
1	١	١	تغييرات تكنولوژى
./977٨	•/٧۵۴٧	• / \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	تغییرات کارایی فنی
1/127	1/0789	1/0988	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول(۲) تغییرات کل شدت انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی به جز بخش حمل و نقل بزرگتر از یک بوده و نشان می دهد که شدت انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی به جز بخش حمل و نقل در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال مبنای ۱۳۸۵ افزایش یافته است. بیشترین تأثیر بر شدت انرژی بخشی در بخش صنعت و کشاورزی را جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی داشته است.

[ Downloaded from gjerp.ir on 2025-07-13 ]

جدول ۳. تجزیه دو دورهای ضربی شدت انرژی به تفکیک بخشهای اقتصادی و انرژی مصرفی رویکرد IDA&PDA

كشاورزي	حمل و نقل	صنعت	
			نفت خام و فرآوردههای نفتی
٠/٨٠٣۵	۰/۸۵۳۹	۰/۵۶۳۹	تغییرات کل
٠/٧١۶٨	٠/٨۶۴٧	٠/۴١۶٣	اثر تولیدی
1/08	1/77.7	1/0118	اثر ساختاری
1/• 988	•/٧٧٧۴	1/549	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	تغييرات تكنولوژى
٠/٩٢٠٨	·/V۴9	٠/٨٣١۵	تغییرات کارایی فنی
1/1278	1/0879	1/81 • ٣	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی
			گاز طبیعی
۱۳/۸۶۶۸	11/40.8	۱/۸۳۵۹	تغییرات کل
17/8897	11/0988	1/4004	اثر تولیدی
1/070	1/77.7	1/0118	اثر ساختاری
1/• 988	•/٧٧٧۴	1/449	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	تغييرات تكنولوژى
٠/٩٢٠٨	•/٧۴9	٠/٨٣١۵	تغییرات کارایی فنی
1/1278	1/0879	1/81 • ٣	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی
			برق
١/۵۵	1/9.88	1/7111	تغییرات کل
1/4726	1/98.0	•/9487	اثر تولیدی
1/. ۲۵	1/77.7	1/0118	اثر ساختاری
1/+9٣۶	•/٧٧٧۴	1/549	اثر شدت انرژی ب <b>خ</b> شی
١	١	١	تغييرات تكنولوژى
٠/٩٢٠٨	•/٧۴9	۰/۸۳۱۵	تغييرات كارايي فني
1/1278	1/0849	1/81.4	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۳) تغییرات کل شدت انرژی در بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی با انرژی مصرفی نفت خام و فرآورده های نفتی کمتر از یک میباشد که نشان می دهد که مصرف نفت خام و فرآورده های نفتی در بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در طی دوره مورد بررسی کاهش یافته است اما در بخش صنعت این کاهش مصرف بیشتر میباشد. تغییرات کل شدت انرژی در بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی با انرژی مصرفی گاز طبیعی بیشتر از یک میباشد که نشان می دهد که مصرف گاز طبیعی در بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در طی دوره مورد بررسی افزایش یافته است، اما در بخش های صنعت، حمل و نقل و مصرف گاز به شدت بالا می باشد. تغییرات کل شدت انرژی در بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی با انرژی مصرفی برق بیشتر از یک می باشد.

بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی با انرژی مصرفی نفت خام و فرآوردههای نفتی، گاز طبیعی و برق به تر تیب جانشینی نیروی کار با انرژی مصرفی نفت کارایی فنی و جانشینی نیروی کار با انرژی می باشد. در تجزیه دو دورهای ضربی شدت فرآورده، گاز طبیعی و برق به تفکیک بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی، در بخشهای صنعت و کشاورزی اثر تولیدی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی بیشترین تأثیر را در تغییرات کل شدت فرآورده داشته اند. در بخشهای حمل و نقل و کشاورزی اثر تولیدی و در بخش صنعت جانشینی نیروی کار با انرژی بیشترین تأثیر را در تغییرات کل شدت گاز طبیعی و برق داشته اند.

## ٥-٢. تحليل تجزيه زنجيرهاي شدت انرژي (١٣٩١-١٣٨٥)

روش دقیق تر ارزیابی تغییرات شدت انرژی، تجزیه سالانه تغییرات شدت انرژی و در نهایت تجمیع این تغییرات است. در تجزیه ضربی شدت انرژی که به طور سالانه محاسبه شده است و در جدول(۴) نتایج آن ارائه شده است، مشاهده می شود که تغییرات کل شدت انرژی در دوره های زمانی مختلف متفاوت است.

[ Downloaded from gjerp.ir on 2025-07-13 ]

جدول ۴. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت انرژی به تفکیک بخشهای اقتصادی با استفاده از رویکرد ترکیبی IDA&PDA

1891-189+	1841844	1774-1777	1844-1848	1844-1848	188-1880	
						صنعت
1/0914	1/ • • ٣ 1	1/0889	٠/٩٩۴١	1/0648	1/144	تغییرات کل
١	•/٩٩٩۶	١/٠٠٠٨	١	١	١/٠٠٠	اثر تولیدی
19484	٠/٩٩	٠/٩٩١١	1/0898	1/0474	1/.10	اثر ساختاری
1/1221	1/0180	1/.47	۰/۹۵۶۴	1/0714	1/1761	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/17 • 7	•/979	٠/٩٢٣۶	·/9V1۵	•/٨٧٣٨	1/0198	تغییرات کارایی فنی
1/0798	1/•91	1/1781	٠/٩٨۴۵	1/1888	1/1.٣9	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	الرزی جانشینی سرمایه با انرژی
						حمل و نقل
1/0977	·/9V9T	٠/٨٩٢١	١/٠۶٨	۱/۰۳۰۵	۰/۹۳۵۸	تغییرات کل
١	1/ • • • 1	•/9997	1/۲	•/9994	•/9999۵	اثر تولیدی
۱/۱۰۸۵	1/0110	*/9YDT	1/0487	1/0864	1/.444	اثر ساختاری
•/919	٠/٩۶١٣	./9149	1/0808	۰/۹۶۷۵	٠/٨٩۶	اثر شدت انرژی بخشی
1	1	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
٠/٩٧۶٢	•/97٣٧	1/0771	٠/٩١٣	٠/٩۶۶٧	٠/٩١۶٢	تغییرات کارایی فنی
1/• 18%	1/0408	•/A9•Y	1/1710	١/٠٠٠٨	·/9VV9	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	برری جانشینی سرمایه با انرژی
						کشاورزی
1/0941	۰/۹۷۰۶	٠/٩٩۴۶	1/	1/0970	٠/٩۶٠٩	تغییرات کل
٠/٩٩٧٨	1/	•/9999	١	1/	•/99991	اثر تولیدی
1/• 1	٠/٩٨٨٢	1/.104	1/1190	٠/٨۶۶٩	٠/٩۶٧۵	اثر ساختاری
١/٠٠٨١	٠/٩٨	۰/۹۷۹۵	٠/٨٩٨٧	1/7801	٠/٩٩٣٢	اثر شدت انرژی بخشی
١	1	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/0717	٠/٩٣١۴	٠/٨۴٣٢	٠/٨٨٠٣	1/0740	1/7774	تغییرات کارایی فنی
٠/٩٨٧	1/0677	1/1818	1/0709	1/7700	۰/۲۸۰۵	جانشینی نیروی کار با
•/ 1/14	1/•ωιι	1/1717	1/*1 * 7	1/11 ωω	•/ ٧ ٨ • ۵	انرژی
١	1	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی
						مأخذ: نتابح تحقيق

مأخذ: نتايج تحقيق

هر چند با نگاهی عمیق تر به نتایج جدول (۴) در می یابیم که در طی دوره های ۱۳۸۶–۱۳۸۵، ۱۳۸۷–۱۳۹۵ در بخش صنعت بیشترین تأثیر بر شدت انرژی بخشی ناشی از جانشینی نیروی کار با انرژی، در طی دوره های ۱۳۸۸–۱۳۸۷، ۱۳۹۱–۱۳۹۰ ناشی از تغییرات کارایی فنی بوده است. تغییرات کل شدت انرژی در بخش صنعت در همه دوره ها بجز دوره ۱۳۸۸–۱۳۸۷ بزرگتر از یک می باشد. بیشترین تأثیر بر تغییرات کل در بخش صنعت در دوره های دوره های ۱۳۸۸–۱۳۸۷ بزرگتر از یک اسلام ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱–۱۳۹۰ اثر شدت انرژی بخشی و در دوره های دوره های ۱۳۸۶–۱۳۸۷ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ اثر شدت انرژی بخشی و در دوره های ۱۳۸۷–۱۳۸۷ و ۱۳۹۰–۱۳۸۹ جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است.

در بخـش حمـل و نقـل در طـی دورههـای ۱۳۸۶-۱۳۸۵، ۱۳۸۰-۱۳۸۹، ۱۳۹۰-۱۳۸۹ و ۱۳۸۹-۱۳۸۹ عنی و در طی دورههای ۱۳۹۰-۱۳۹۹ بیشترین تأثیر بر شدت انرژی بخشی ناشی از تغییرات کارایی فنی و در طی دورههای ۱۳۸۸-۱۳۸۸ و ۱۳۸۹-۱۳۸۸ ناشی از جانشینی نیروی کار با انرژی بوده است.

در بخش کشاورزی بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در طی دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۷ و ۱۳۸۸–۱۳۸۷ ناشی از جانشینی نیسروی کار با انسرژی و در طبی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۷، ۱۳۸۸–۱۳۸۸ ناشی از تغییرات کارایی فنی بوده است. بیشترین تأثیر بر تغییرات کارایی فنی بوده است. بیشترین تأثیر بر تغییرات کل شدت انرژی در بخش کشاورزی در طی دوره ۱۳۸۵–۱۳۸۵ جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دوره ۱۳۸۷–۱۳۸۸ اثر شدت انرژی بخشی و در طی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۸ و ۱۳۹۰–۱۳۸۹ تغییرات کارایی فنی را داشته است.

1891-1890	1891889	1889-1888	1844-1844	1884-1888	1888-1888	
			وردههای نفتی	نفت خام و فرآ		
1/0110	./8478	۰/۸۳۹۴	٠/٨۶٠٣	1/1.51	1/ ٧	تغییرات کل
٠/٩٩١٨	./8424	·/X17Y	./1804	1/• ۴٨٨	٠/٨٨١۶	اثر تولیدی
./9454	٠/٩٩	٠/٩٩١	1/0898	1/. 474	1/.10	اثر ساختاری
1/1021	1/0188	1/.47	./9684	1/0714	1/1727	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/17 • 7	٠/٩٢٨٨	۰/۹۲۳۵	·/9V1۵	•/٨٧٣٨	1/0198	تغييرات كارايي فني
1/0798	1/0915	1/1714	•/9144	1/1888	1/1.4	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول(۵) تغییرات کل شدت فرآورده بجز دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۷، ۱۳۸۹–۱۳۸۸ و ۱۳۹۰–۱۳۸۸ بزرگتر از یک میباشد که نشاندهنده افزایش مصرف انرژی میباشد. بیشترین تأثیر بسر اثیر شدت انرژی بخشی در طی دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۵، ۱۳۸۷–۱۳۸۵ و ۱۳۹۰–۱۳۸۸ جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۸ و ۱۳۹۰–۱۳۹۷ و ۱۳۹۰–۱۳۹۷ تغییرات کارایی فنی داشته است.

جدول ۶. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت گاز طبیعی در بخش صنعت با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1841-1840	184-1889	1889-1888	1844-1848	1884-1888	1885-1888	
						گاز طبیعی
1/-97	1/1 - 14	1/1144	1/.01	1/.44	1/78.7	تغییرات کل
۱/۰۰۰۵	1/0970	1/• ٧٩	1/0077	۰/٩٨٠۵	1/1.77	اثر تولیدی
./9484	٠/٩٩	٠/٩٩١	1/•٣٩٣	1/0474	1/.10	اثر سا <b>خ</b> تاری
1/1021	1/0188	1/•47	./9084	1/0714	1/1708	اثر شدت انرژی بخشی
١	1	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/17 • 7	٠/٩٢٨٨	۵۳۲۴۰	۰/۹۷۱۵	•/٨٧٣٨	1/0197	تغییرات کارایی فنی
1/0798	1/0918	1/1717	./9144	1/1811	1/1.4	جانشینی نیروی کار با انرژی
1	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول(۶) تغییرات کل شدت گاز طبیعی در همه دوره ها بزرگتر از یک می باشد که نشان دهنده افزایش مصرف انرژی در همه دوره ها می باشد. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در طی دوره های ۱۳۸۰–۱۳۸۵، ۱۳۸۹–۱۳۸۸ و ۱۳۹۰–۱۳۸۹ را جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دوره های ۱۳۸۸–۱۳۸۷ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ تغییرات کارایی فنی داشته است.

جدول ۷. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت برق در بخش صنعت با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1891-1890	1890-1889	1884-1888	1884-1888	1777-1278	1888-1888	
						برق
1/•98۵	1/•۵۵۵	1/• 7 4 1	1/0877	1/0897	1/ • • ۲٩	تغییرات کل
1/۴٧	1/.011	٠/٩٩١٣	1/• 444	۰/٩٨۵٩	•/٨٧٨	اثر تولیدی
./9454	٠/٩٩	٠/٩٩١	1/0898	1/0874	1/.10	اثر ساختاری
1/1221	1/0188	1/•47	./9084	1/0714	1/1704	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/17 • 7	۸۸۲۴/۰	۰/۹۲۳۵	·/9710	• /٨٧٣٨	1/0198	تغييرات كارايي فني
1/0795	1/0915	1/1717	٠/٩٨۴۴	1/1888	1/1.4	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۷) تغییرات کل شدت برق در همه دوره ها بزرگتر از یک می باشد که نشان دهنده افزایش مصرف انرژی می باشد. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در طی دوره های ۱۳۸۵–۱۳۸۵ و ۱۳۹۰–۱۳۸۹ و ۱۳۹۰–۱۳۸۹ جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دوره های ۱۳۸۸–۱۳۸۸ و ۱۳۹۱–۱۳۹۸ تغییرات کارایی فنی داشته است.

جدول ۸. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت فرآورده در بخش حمل و نقل با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1891-1890	184-1884	1889-1888	1474-144	1474-1478	188-1888	
						نفت خام و فر آوردههای نفتی
1/0108	./9544	P77X\•	1/0848	1/0174	۰/۹۲۳۸	تغییرات کل
٠/٩٨٩۴	٠/٩٨۵	./9449	•/٩۶٨٨	٠/٩٨١۶	•/9.871	اثر تولیدی
۱/۱۰۸۵	1/.114	./9727	1/0787	1/0864	1/.444	اثر ساختاری
·/9A9Y	٠/٩۶١٣	·/914V	1/0404	۰/۹۶۷۵	•/٨٩۵٩	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
٠/٩٧۶٢	•/97٣٧	1/. 777	۸۲۱۴۰	٠/٩۶۶٧	٠/٩١۶٢	تغييرات كارايي فني
1/0188	1/0408	٠/٨٩٠۴	1/1787	١/٠٠٠٨	·/٩ <b>٧</b> ٧٩	جانشینی نیروی کار با
						انرژی
١	١	1	١	1	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول(۸) تغییرات کل شدت فرآورده در همه دورهها بجز ۱۳۸۵–۱۳۸۵، ۱۳۸۹–۱۳۸۸، ۱۳۹۹ ۱۳۹۰–۱۳۹۹ بزرگتر از یک می باشد که نشان دهنده افزایش مصرف انرژی می باشد. بیشترین تأثیر بر شدت انرژی بخشی در طی دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۵، ۱۳۸۷–۱۳۸۶، ۱۳۹۰–۱۳۹۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۸ تغییرات کارایی فنی و در طی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۷ و ۱۳۸۹–۱۳۸۸ جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است.

جدول ۹. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت گاز طبیعی در بخش حمل و نقل با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1891-1890	184-1889	1884-1888	1844-1844	1477-1478	1486-1488	
						گاز طبیعی
1/14.0	1/+124	1/6778	1/1714	1/441	۱/۸۸۰۹	تغییرات کل
1/+881	1/1.80	1/4.80	1/Y • <b>&amp;</b> Y	1/8718	۲/٠٠٩٩	اثر تولیدی
1/1 • 1	1/.110	٠/٩٧۵٢	1/0787	1/0864	1/.444	اثر ساختاری
•/919	٠/٩۶١٣	./9147	1/0404	٠/٩۶٧۵	۰/۸۹۵۹	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
۰/۹۷۶۲	·/9777	1/. ۲۷۲	۸۲۱۴۰	٠/٩۶۶٧	٠/٩١۶٢	تغییرات کارایی فنی
1/•17%	1/• ۴ • ۶	۰/٨٩٠۴	1/1784	١/٠٠٠٨	·/9YY9	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی
						6

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۹) تغییرات کل شدت گاز طبیعی در همه دوره ها بزرگتر از یک می باشد که نشان می دهد مصرف انرژی در همه دوره ها افزایش یافته است. بیشترین تأثیر بر شدت انرژی بخشی در طی دوره های ۱۳۸۶–۱۳۸۵، ۱۳۸۰–۱۳۸۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۰ تغییرات کارایی فنی و در طی دوره های ۱۳۸۸–۱۳۸۸ و ۱۳۸۸–۱۳۸۸ جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است.

جدول ۱۰. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت برق در بخش حمل و نقل با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1891-1890	1891889	1884-1888	1844-1844	1884-1888	1486-1488	
						برق
1/1 • 68	1/1770	1/ • • ٢٢	1/1722	1/2777	./94.4	تغییرات کل
1/	1/1484	1/1780	1/1.77	1/441	1/0.49	اثر تولیدی
۱/۱۰۸۵	1/0110	۰/۹۷۵۲	1/0484	1/0864	1/.444	اثر ساختاری
•/91	۰/٩۶۱۳	·/914Y	1/0404	۰/۹۶۷۵	•/4969	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
٠/٩٧۶٢	٧٣٢٩/٠	1/. 777	٠/٩١٢٨	•/9887	٠/٩١۶٢	تغييرات كارايي فني
1/0188	1/0408	٠/٨٩٠۴	1/1744	١/٠٠٠٨	·/9YY9	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	انشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۱۰) تغییرات کل شدت برق در همه دورهها بجز دوره ۱۳۸۶–۱۳۸۵ بزرگتر از یک میباشد که نشان میدهد مصرف انرژی افزایش یافته است. بیشترین تأثیر بر شدت انرژی بخشی در طی دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۵، ۱۳۸۷–۱۳۸۵، ۱۳۹۰–۱۳۸۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ تغییرات کارایی فنی و در طی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۷ و ۱۳۸۹–۱۳۸۸ جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است.

جدول ۱۱. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت فرآورده در بخش کشاورزی با استفاده از رویکرد IDA&PDA

۲۸۹ ۱	۰ ۱۳۹ – ۱۳۹	1771-1771	1777-127	۱۳۸۷-۱۳۸۶	۱۳۸۶-۱۳۸۵	
						نفت خام و فر آوردههای نفتی
۶۱	1/·Δ·Y	./9499	./9141	1/0011	./94.4	تغییرات کل
٣	٠/٩۵٨٢	٠/٩۵۵	٠/٩٧٨	·/9697	•/9787	اثر تولیدی
17	1/• ۸٧٧	1/.104	1/1198	•/٨۶۶٩	./9874	اثر ساختاری
\	1/•• \ 1	·/9790	٠/٨٩٨٧	1/4869	٠/٩٩٣٢	اثر شدت انرژی بخشی
	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
١٢	1/. ٢ 1 ٣	٠/٨۴٣١	•/٨٨•٢	1/0740	1/2/21	تغییرات کارایی فنی
۲۳	٠/٩٨٧	1/1814	1/+ ۲ • 9	1/288	•/٧٨•١	جانشینی نیروی کار با انرژی
	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۱۱) تغییرات کل شدت فرآورده در همه دوره ها به جز دوره های ۱۳۸۷–۱۳۸۶، ۱۳۹۱–۱۳۹۹ کوچکتر از یک بوده است که نشان می دهد مصرف انرژی کاهش یافته است. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در طی دوره های ۱۳۸۶–۱۳۸۵ و ۱۳۸۷–۱۳۸۹ جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دوره های ۱۳۸۸–۱۳۸۸، ۱۳۸۹–۱۳۸۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ تغییرات کارایی فنی داشته است.

جدول ۱۲. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت گاز طبیعی در بخش کشاورزی با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1891-189.	179 1771	1771-1771	1774-1777	۱۳۸۷-۱۳۸۶	۱۳۸۶-۱۳۸۵	
						گاز طبیعی
۱/۲۹۸۵	۱/۲۵٠٨	1/1701	1/8771	1/444	٣/۴۴٨٣	تغییرات کل
1/1147	1/7914	1/1419	1/8177	1/7738	۳/۵ <b>۸</b> ۸۶	اثر تولیدی
1/• ۸٧٧	<b>7 A A A P I I</b>	1/-124	1/1198	٠/٨۶۶٩	./9874	اثر ساختاری
١/٠٠٨١	•/91	·/9Y9۵	·/A9AY	1/4809	٠/٩٩٣٢	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/ • ٢ 1 ٣	۲۱۳۹۰۰	٠/٨۴٣١	٠/٨٨٠٢	1/0740	1/7771	تغييرات كارايي فني
•/٩٨٧	1/0024	1/1814	1/+ ٢ • ٩	1/288	•/٧٨•١	جانشینی نیروی کار با انرژی
1	١	١	١	١	1	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۱۲) تغییرات کل شدت گاز طبیعی در همه دوره ها بزرگتر از یک بوده و نشان می دهد که مصرف انرژی افزایش یافته است، اما در دوره ۱۳۸۵–۱۳۸۵ تغییرات کل شدت گاز طبیعی به شدت باعث افزایش مصرف انرژی شده است که به دلیل اثر تولیدی بوده است. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در طی دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۵ و ۱۳۸۷–۱۳۸۶ جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۷، ۱۳۹۸–۱۳۸۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ تغییرات کارایی فنی داشته است.

جدول ۱۳. تجزیه زنجیرهای ضربی شدت برق در بخش کشاورزی با استفاده از رویکرد IDA&PDA

1891-189•	-177.9 179•	1771-9771	1777-127	1844-1848	۱۳۸۶-۱۳۸۵	
						برق
1/1 - AY	1/199٣	1/0884	٠/٩٨١۴	١/١٨٣٧	./94.4	تغییرات کل
1/•111	1/777	1/. 774	·/9V24	1/. ٧٨۵	·/9YAY	اثر تولیدی
1/. 477	<b>*</b> / <b>9</b> / <b>1</b> / <b>1</b>	1/.104	1/1198	٠/٨۶۶٩	./9874	اثر ساختاری
1/ • • 1	٠/٩٨	۰/۹۷۹۵	۰/۸۹۸۲	1/5509	7799/٠	اثر شدت انرژی بخشی
1	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
1/0718	11781.	٠/٨۴٣١	٠/٨٨٠٢	1/0740	1/7771	تغییرات کارایی فنی
•/9AY	1/0027	1/1514	1/0409	1/7808	•/٧٨•١	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۱۳) تغییرات کل شدت برق در همه دورهها بجز دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۸ ۱۳۸۸ بزرگتر از یک میباشد که نشان می دهد مصرف انرژی افزایش یافته است. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در طی دورههای ۱۳۸۶–۱۳۸۵ و ۱۳۸۷–۱۳۸۶ جانشینی نیروی کار با انرژی و در طی دورههای ۱۳۸۸–۱۳۸۸ ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ و ۱۳۹۱–۱۳۹۹ تغییرات کارایی فنی داشته است.

[ Downloaded from gjerp.ir on 2025-07-13 ]

جدول ۱۴. مقایسه نتایج تجزیه شدت انرژی در روش دو دورهای و زنجیرهای به تفکیک بخشهای اقتصادی و انرژی

		دو دورهای			زنجیرهای	
	صنعت	حمل و نقل	کشاورزی	صنعت	حمل و نقل	کشاورزی
نفت خام و فرآوردههای نفتی						
تغییرات کل	٠/۵۶٣٩	₽7∆٨\٠	٠/٨٠٣۵	٠/٩٢٣٨	•/9777	٠/٩۶٧٣
اثر تولیدی	٠/۴۱۶٣	٠/٨۶۴٧	٠/٧١۶٨	٠/٨٧۴٢	٠/٩٧۶١	./947
اثر ساختاری	1/0118	1/77 • 7	1/08	1/ • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	1/.414	1/٧۵
اثر شدت انرژی بخشی	1/229	•/٧٧٧۴	1/0988	1/• ۵19	•/9۵99	1/0709
تغييرات تكنولوژى	١	١	١	١	١	١
تغییرات کارایی فنی	۰/۸۳۱۵	•/٧۴٩	٠/٩٢٠٨	٠/٩٧٢٨	۰/۹۵۳۸	•/99۵۵
جانشینی نیروی کار با انرژی	1/81 • ٣	1/0479	1/1148	1/+ 144	1/ • • ٨٧	1/0898
جانشینی سرمایه با انرژی	١	١	١	١	١	١
گاز طبیعی						
تغییرات کل	۱/۸۳۵۹	11/401	18/18	1/1 • 🗚	1/2441	1/8127
اثر تولیدی	۱/۳۵۵۳	11/098	17/27	1/0059	1/2428	1/8727
اثر ساختاری	1/0118	1/77.7	1/080	1/ • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	1/0414	1/ • • ٧۵
اثر شدت انرژی بخشی	1/229	•/٧٧٧۴	1/0988	1/0019	•/9699	1/0709
تغييرات تكنولوژى	١	١	١	١	١	١
تغییرات کارایی فنی	۰/۸۳۱۵	•/٧۴٩	·/97·A	٠/٩٧٢٨	۰/۹۵۳۸	•/99۵۵
جانشینی نیروی کار با انرژی	1/81 • ٣	1/0479	1/1148	1/+ 144	1/ • • ٨٧	1/0898
جانشینی سرمایه با انرژی	١	١	١	١	١	١
برق						
تغییرات کل	1/7111	1/9.88	١/۵۵	1/0478	1/1719	١/٠٨
اثر تولیدی	•/9487	1/98.0	1/4778	٠/٩٩٢۵	1/171	1/•69
اثر ساختاری	1/0118	1/77 - 7	1/070	1/•• ٢٣	1/0414	1/•• ٧۵
اثر شدت انرژی بخشی	1/229	•/٧٧٧۴	1/0988	1/0019	•/9۵99	1/0709
تغييرات تكنولوژى	١	١	١	١	١	١
تغییرات کارایی فنی	۰/۸۳۱۵	•/٧۴٩	۸٠٢٩٠٠	./9777	۰/٩۵٣٨	٠/٩٩۵۵
جانشینی نیروی کار با انرژی	1/81.4	1/0479	1/1148	1/• 1/4	1/ • • ٨٧	1/0898
جانشینی سرمایه با انرژی	١	١	١	١	١	١

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۱۴) تغییرات کل شدت فر آورده که شامل آثار تولیدی، ساختاری، شدت انرژی بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی و جانشینی نیروی کار و سرمایه با انرژی میباشد در سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای کاهش یافته است که بیشترین تأثیر بر تغییرات کل شدت فر آورده در دو بخش صنعت و کشاورزی اثر تولیدی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای داشته است. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در تجزیه شدت فر آورده در دو بخش صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی داشته است.

تغییرات کل شدت گاز طبیعی که شامل آثار تولیدی، ساختاری، شدت انرژی بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی و جانشینی نیروی کار و سرمایه با انرژی میباشد در سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای افزایش یافته است. بیشترین تأثیر بر تغییرات کل شدت گاز طبیعی در بخش صنعت جانشینی نیروی کار با انرژی و در دو بخش حمل و نقل و کشاورزی اثر تولیدی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای داشته است. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در تجزیه شدت گاز طبیعی در دو بخش صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی بخش صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای داشته است.

تغییرات کل شدت برق که شامل آثار تولیدی، ساختاری، شدت انرژی بخشی، تغییرات کنولوژی، تغییرات کارایی فنی و جانشینی نیروی کار و سرمایه با انرژی می باشد در سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای افزایش یافته است که بیشترین تأثیر بر تغییرات کل شدت برق در بخش صنعت جانشینی نیروی کار با انرژی و در دو بخش حمل و نقل و کشاورزی اثر تولیدی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای داشته است. بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی در تجزیه شدت برق در دو بخش

صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای داشته است.

جدول ۱۵. مقایسه نتایج تجزیه شدت انرژی در روش دو دورهای و زنجیرهای به تفکیک بخشهای اقتصادی

	زنجیرهای			دو دورهای		
كشاورزي	حمل و نقل	صنعت	كشاورزي	حمل و نقل	صنعت	
1/0708	1/۴	1/00	1/171	٠/٩٨٧٣	1/368	تغییرات کل
•/٩٩٩٩	•/9991	1/	1/ ۲9	•/999٣	1/88	اثر تولیدی
1/٧۵	1/0414	1/1 • • ٢٣	1/.744	1/7878	1/0114	اثر ساختاری
١/•٢٠٨	•/9699	1/0019	1/•91	•/٧٨٢۶	1/447	اثر شدت انرژی بخشی
١	١	١	١	١	١	تغييرات تكنولوژى
•/99۵۵	۸۳۵۴۱۰	./9777	٠/٩٢٢٨	•/٧۵۴٧	٠/٨٣۴٢	تغييرات كارايي فني
1/0898	1/•• *	1/•14	1/172	1/0889	1/6988	جانشینی نیروی کار با انرژی
١	١	١	١	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی

مأخذ: نتايج تحقيق

در جدول (۱۵) تغییرات کل شدت انرژی که شامل آثار تولیدی، ساختاری، شدت انرژی میباشد بخشی، تغییرات تکنولوژی، تغییرات کارایی فنی و جانشینی نیروی کار و سرمایه با انرژی میباشد در تحلیل زمانی دو دورهای در بخشهای صنعت و کشاورزی افزایش یافته و در بخش حمل و نقل کاهش یافته است، اما تغییرات کل شدت انرژی در تحلیل زمانی زنجیرهای در سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی افزایش یافته است. بیشترین اثر بر تغییرات کل شدت انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی در تحلیل زمانی دو دورهای داشته است و بیشترین اثر بر تغییرات کل شدت انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل اثر ساختاری در تحلیل زمانی زنجیرهای داشته است. بیشترین اثر بر شدت انرژی بخشی در دو بخش صنعت و کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی در دو روش کشاورزی جانشینی نیروی کار با انرژی و در بخش حمل و نقل تغییرات کارایی فنی در دو روش تحلیل زمانی دو دورهای و زنجیرهای داشته است.

تجزیه ضربی								
صادی و انرژی مصرفی	به تفکیک بخشهای اقتصادی و انرژی مصرفی							
زنجیرهای	دو دورهای	زنجیرهای	دو دورهای					
1/1699	٣/٧٩ • ٣	1/0747	1/1047	تغییرات کل				
1/1777	٣/۵٠٨۴	•/٩٩٩٩	1/	اثر تولیدی				
1/+17	1/1 • ٢٢	1/• 17	1/0998	اثر ساختاری				
1/.1.9	<b>1/•Y</b>	١/٠١٠٨	1/0810	اثر شدت انرژی بخشی				
١	1	١	١	تغييرات تكنولوژى				
·/9V۴	•/٨٣٣٧	·/9V۴	•/٨٣٧٢	تغییرات کارایی فنی				
1/.447	1/7788	1/• 441	1/7719	جانشینی نیروی کار با انرژی				
١	1	١	١	جانشینی سرمایه با انرژی				

جدول ۱۶. مقایسه نتایج تجمیع شده تجزیه شدت انرژی در روش دو دورهای و زنجیرهای

مأخذ: نتايج تحقيق

با توجه به نتایج تجمیع شده تجزیه شدت انرژی در روش دو دورهای و زنجیرهای در جدول (۱۶)، مشاهده می شود که تغییرات کل شدت انرژی، افزایش مصرف انرژی را هم به تفکیک بخشهای اقتصادی و هم از لحاظ زمانی به صورت دو دورهای و زنجیرهای نشان می دهد.

## ٦. نتیجه گیری و پیشنهادات سیاستی

در این مطالعه با استفاده از رویکرد ترکیبی دو روش تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید به شکل ضربی و دو شکل زمانی دو دورهای و زنجیرهای در سه بخش اقتصادی صنعت، حمل و نقل و کشاورزی و به تفکیک انرژی های مصرفی نفت خام و فر آورده های نفتی، گاز طبیعی و برق در خصوص تغییرات شدت انرژی در بین سال های ۱۳۹۱–۱۳۸۵ مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

در طی دوره مورد بررسی تغییرات کارایی فنی موجب کاهش مصرف انرژی و جانشینی نیروی کار با انرژی موجب افزایش مصرف انرژی هم در دو دورهای و هم در زنجیرهای شده است. بدون اطلاعات سالهای میانی نتیجه گرفته می شود که تمامی عوامل تولیدی، ساختاری،

شدت انرژی بخشی و جانشینی نیروی کار با انرژی از عوامل تقویت کننده شدت انرژی در سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی هستند، اما تغییرات کارایی فنی از عوامل کاهش دهنده شدت انرژی در سه بخش اقتصادی میباشد و تغییرات کارایی فنی، پایین ترین سهم را در توضیح رشد مصرف کل و شدت انرژی داشته است. تغییرات تکنولوژی و جانشینی سرمایه با انرژی در طی دوره مورد بررسی مصرف انرژی را در سه بخش اقتصادی تغییر ندادهاند. از لحاظ زمانی هـم در دو دورهای و هم زنجیرهای بیشترین تأثیر بر اثر شدت انرژی بخشی را جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است. بر اساس نتایج تجمیع شده به تفکیک بخش های اقتصادی، جانشینی نیروی کار با انرژی و به تفکیک بخش های اقتصادی و انرژی مصرفی اثر تولیدی بیشترین سهم را در توضیح عوامل مؤثر بر تغییرات کل شدت انرژی داشتهاند. روش زنجیرهای نتایج دقیق تر و قابل اعتمادتری را در اختیار سیاستگذران مدیریت مصرف بهینه انرژی و برنامهریزان انرژی کشـور قـرار مـی.دهـد. تغییرات کل مصرف انرژی در بخشهای صنعت و کشاورزی بجز بخش حمل و نقل در روش دو دورهای افزایش یافته است که بیشترین سهم را در افزایش تغییرات کل مصرف انرژی در بخشهای صنعت و کشاورزی در روش دو دورهای، جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است و بیشترین سهم را در کاهش تغییرات کل مصرف انرژی در بخش حمل و نقل در روش دو دورهای، تغییرات کارایی فنی داشته است. بیشترین سهم را در افزایش شدت انرژی بخشی در دو بخش صنعت و کشاورزی در روش دو دورهای، جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است و بیشترین سهم را در کاهش شدت انرژی بخشی در بخش حمل و نقل در روش دو دورهای، تغییرات کارایی فنی داشته است. تغییرات کل مصرف انرژی در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در روش زنجیرهای افزایش یافته است. بیشترین سهم را در افزایش تغییرات کل مصرف انرژی در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در روش زنجیرهای به ترتیب جانشینی نیروی کار بـا انـرژی، اثـر ساختاری و جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است. بیشترین سهم را در افزایش شدت انرژی بخشی در بخش های صنعت و کشاورزی در روش زنجیرهای، جانشینی نیروی کار با انرژی داشته است. بیشترین سهم را در کاهش شدت انرژی بخشی در بخش حمل و نقل در روش زنجیرهای را تغییرات کارایی فنی داشته است. تغییرات کل مصرف انرژی نفت خام و فر آورده های نفتی در

بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در روش های دو دورهای و زنجیر های کاهش یافته است که بیشترین سهم را در کاهش تغییرات کل مصرف انرژی نفت خام و فرآوردههای نفتی در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در روش دو دورهای و زنجیرهای بهتر تیب اثر تولیدی، تغییرات کارایی فنی و اثر تولیدی داشته است. تغییرات کل مصرف انرژی گاز طبیعی و برق در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در روشهای دو دورهای و زنجیرهای افزایش یافته است که بیشترین سهم را در افزایش تغییرات کل مصرف انرژی گاز طبیعی در بخش های صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در روش دو دورهای و زنجیرهای به ترتیب جانشینی نیروی کار با انرژی، اثر تولیدی و اثر تولیدی داشته است. بیشترین سهم را در افزایش و کاهش اثر شدت انرژی بخشی، به ترتیب جانشینی نیروی کار با انرژی و تغییرات کارایی فنی در سه بخش اقتصادی صنعت، حمل و نقل و کشاورزی با انرژیهای مصرفی نفت خام و فرآوردههای نفتی، گاز طبیعیی و برق داشته است. تمام بررسیها نشان میدهد که افزایش قیمت حاملهای انرژی که در آذر ماه ۱۳۸۹ اعلام گردید بر سطح عمومی قیمتها تأثیر مثبت داشت. اصلاح قیمت حاملهای انرژی همچنین بر سطح رشد اقتصادی در کو تاهمدت تأثیر منفی داشت. باید توجه داشت که از دلایل مهم اجرای طرح، تخصیص نامناسب منابع انرژی و بالا بودن شاخص شدت انرژی (نسبت مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی) در کشور است. با توجه به فقدان اثر سیگنالهای قیمتی حاملهای انرژی و رقابتی نبودن بازار کالا و خدمات، انتظار می رود بخش های اقتصادی به جای پر داختن به مسأله بهرهوری انرژی و استفاده از تجهیزات سرمایهای با کارایی بالاتر بهدلیل افزایش هزینههای تولید در مقایسه با یرداخت هزینه های انرژی به نگهداشت تجهیزات پر مصرف انرژی در دست خود اقدام کرده و در نهایت به افزایش مصرف انرژی دامن میزنند و به اصطلاح انرژی در بلندمدت جایگزین عامل سرمایه خواهد شد افزایش مصرف انرژی پیامدهای سیاستی به همراه دارد. بنابراین نیاز است تا سیاستگذاران اقدامات عملی را در این خصوص صورت دهند. آموزش مدیران ارشد و مدیران فنی در بخشهای صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در امر بهینه سازی مصرف انرژی با ارائه دستورالعمل ها و اجرای قوانین مناسب و ارائه مشوق های مالیاتی، مشوق های

صادراتی و مانند آن می تواند به کاهش در مصرف انرژی در این بخشهای اقتصادی کمک شایانی کند و همچنین جهت کمک به بهرهوری انرژی و کاهش شدت انرژی، افزایش توان تجهیزات در بهبود بهرهوری انرژی و ارائه تسهیلات ارزان قیمت به منظور انتقال از فناوری های با انرژی بری بالا به سمت فناوری های با انرژی بری پایین تر است.

#### منابع

آرمن، عزیز و سمیرا تقیزاده (۱۳۹۲)، "بررسی تحولات شدت انرژی و عوامل مؤثر بر آن در صنایع فلزات اساسی "، دومین همایش ملی انرژی های نو و پاک، همدان، شرکت هماندیشان محیط زیست فردا.

ابونوری، عباسعلی و آزاده نیکبان (۱۳۸۸)، "عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویژیا (مطالعه موردی سیمان تهران)"، فصلنامه مدلسازی اقتصادی، سال سوم، شماره ۱، صص ۹۲-۷۷. اللهیاری ثانی، نگین (۱۳۹۱)، بررسی و تحلیل منابع مصرف انرژی در اقتصاد کشورهای ایران، اندونزی و نروژ با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.

بهبودی، داوود ؛ میهن اصلانی نیا، نسیم و سکینه سجودی (۱۳۸۹)، "تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران"، مطالعات اقتصاد انرژی، دوره ۷، شماره ۲۶، صص ۱۳۰–۱۰۵. جهانگرد، اسفندیار و هدیه تجلی (۱۳۹۰)، "تجزیه شدت انرژی بری در صنایع کارخانهای ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۱، صص ۵۸–۲۵.

حیدری، ابراهیم و حسین صادقی (۱۳۸۲)، "تحلیل و تجزیه کارایی انرژی در اقتصاد ایران"، شماره ۱۵، صص ۱۶۲-۱۲۱.

رشیدی زاده، مریم و اسفندیار جهانگرد (۱۳۹۰)، " تجزیه و تحلیل تغییر شدت انرژی در فعالیتهای اقتصاد کاربردی، دوره ۲، فعالیتهای اقتصاد کاربردی، دوره ۲، شماره ۳، صص ۹۱-۶۷.

شریفی، علی مراد ؛ صادقی، مهدی ؛ نفر، مهدی و زهرا دهقان شبانی (۱۳۸۷)، "تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران"، پژوهشهای اقتصادی ایران، دوره ۱۰، شماره ۳۵، صص ۱۰۹–۷۹.

غنی کسب، نسرین (۱۳۹۳)، تجزیه مصرف انرژی و انتشار CO2 در پالایشگاههای ایران با استفاده از شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.

فریدزاد، علی (۱۳۹۴)، "تحلیل تجزیه شدت انرژی در صنایع انرژیبر ایران با استفاده از روش شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا با تاکید بر رویکرد زمانی دو دورهای و زنجیرهای"، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۱۱۷–۸۷

علی، زینت و یکتا اشوفی (۱۳۸۹)، "بررسی شدت انرژی کشور و تجزیه آن با استفاده از شاخص ایده آل فیشر در ایران"، فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، سال هجدهم، شماره ۵۴، صص ۵۴-۳۵.

**Ang, Bw. and F. Zhang** (2000), "A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Environmental Studies", *Energy*, Vol. 25, pp.1149-1176.

**Ang, Bw.** (2004), "Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which is the Preferred Method?", *Energy policy*, Vol. 32, pp. 1131-1139.

**Caiman, J. Cahill and P.O'Gallacho'ir Brian** (2010), "Monitoring Energy Efficiency Trends in European Industry: Which Top-Down Method Should be Used?", *Energy Policy*, Vol. 38, PP. 6910-6918.

**Fernandez Gonzlez, P.; Landajo, M. and M. Presno** (2013), "The Divisia Real Energy Intensity Indices: Evolution and Attribution of Percent Changes in 20 European Countries From 1995 to 2010", *Energy*, Vol. 58, pp. 340-349.

**Lin, Boqiang. and Kerui. Du** (2014), "Decomposing Energy Intensity Change: A Combination of Index Decomposition Analysis and Production-theoretical Decomposition Analysis", *Applied Energy*, Vol. 129, pp. 158-165.

**Wang, C.** (2007), "Decomposing Energy Productivity Change: a Distance Function Approach", *Energy*, Vol. 32, pp. 1326-1333.

**Wang, C.** (2011), "Sources of Energy Productivity Growth and its Distribution Dynamics in China", *Resour Energy Econ*, Vol. 33, pp. 279-292.

Zeng, Lin.; Xu, Ming.; Liang, Sai; Zeng, Siyu. and Tianzhu Zhang (2014), "Revisiting Drivers of Energy Intensity in China During 1997-2007: A Structural Decomposition Analysis", *Energy policy*, Vol. 67, pp. 640-647.

**Zhang, Haiyan. and Michaell Lahr** (2014), "China's Energy Consumption Change from 1987 to 2007: A Multi-regional Structural Decomposition Analysis", *Energy policy*, Vol. 67, pp. 682-693.

**Torvanger, Asbjqrn** (1991), "Manufacturing Sector Carbon Dioxide Emissions in Nine OECD Countries, 1973-87: A Divisia Index Decomposition to Changes in Fuel Mix, Emission Coefficients, Industry Structure, Energy Intensities and International Structure", *Energy Economics*, Vol. 13, PP. 168-186.

**Zhou, P. and BW. Ang** (2008), "Decomposition Of Aggregate CO2 Emissions: a Production-Theoretical Approach", *Energy Econ*, Vol. 30, PP. 1054-1067.