

پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران

سال هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۹۷ صفحات ۱-۲۵

## تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت ایران: رویکرد تابع مسافت

حدیث اسدی ملک آبادی<sup>۱</sup>

عزیز مراسلی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۲

### چکیده:

در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و تابع مسافت خروجی به تجزیه تغییر شدت انرژی به چهار جزء؛ تغییر کارایی فنی، تغییر کارایی تکنولوژیکی، نسبت موجودی سرمایه به انرژی و نسبت نیروی کار به انرژی در بخش صنعت ایران طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۳، پرداخته شده است. برای این منظور از روش تحلیل پوششی داده‌های خروجی محور با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر تغییر نسبت سرمایه به انرژی عامل مهم کاهش شدت انرژی در بخش صنعت کشور است. دیگر اجزاء، نسبت تغییر نیروی کار به انرژی، تغییر کارایی فنی و تغییر کارایی تکنولوژی موجب افزایش شدت انرژی اکثر صنایع بوده‌اند.

طبقه‌بندی JEL: Q43, C14

کلیدواژه‌ها: شدت انرژی، تحلیل پوششی داده‌ها، تجزیه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
مرکز ملی جمع‌علوم انسانی

۱. asadi.malekabad@gmail.com

۲. maraseli\_az@yahoo.com

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه ایلام (نویسنده مسئول)

۲. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه ایلام

## ۱. مقدمه

انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید جایگاه ویژه‌ای در توسعه اقتصادی هر کشور دارد. محدودیت منابع انرژی در جهان، ضرورت استفاده بهینه از منابع انرژی را در فرآیند توسعه اقتصادی مطرح می‌سازد. در راستای بهینه‌سازی و بهبود روش‌های بهره‌برداری از منابع و فرآیندهای فرآورش، تبدیل و انتقال انرژی و مقایسه وضعیت کشورها از جهت چگونگی مصرف انرژی و میزان اثربخشی این عامل تولید بر توسعه اقتصادی، از شاخص‌های کلان اقتصاد انرژی استفاده می‌شود و از مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به مصرف سرانه انرژی، شدت انرژی، ضریب انرژی و بهره‌وری انرژی اشاره کرد. در این میان، شدت انرژی در بین شاخص‌های کلان اقتصاد انرژی از جامعیت و اهمیت بیشتری برخوردار است (گلی و اشرفی، ۱۳۸۹).

شدت انرژی شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در اقتصاد ملی هر کشور است که از تقسیم مصرف نهایی انرژی بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌گردد و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پول) چه مقدار انرژی به کار رفته است. عوامل بسیاری در تعیین شدت انرژی یک کشور مؤثر می‌باشد. کشورهای سطح بالاتری از استاندارد زندگی هستند مصرف انرژی بیشتری داشته و در نتیجه این امر بر شدت انرژی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. با مقایسه این شاخص در سال‌های مختلف و میان کشورهای مختلف می‌توان روند استفاده از منابع انرژی در فرآیند تولید ملی کشورها را ارزیابی نمود (تراز نامه انرژی ۱۳۹۳).

برآورد شدت انرژی می‌تواند به کشورها، به‌ویژه کشورهای تولیدکننده نفت، مثل ایران، که به انرژی، به منزله کالای مصرفی، نهاده تولیدی، و بزرگ‌ترین منبع درآمد ارزی کشور نگریسته می‌شود، در جهت دستیابی به پیش‌بینی‌های دقیق‌تر مصرف انرژی و نیز برنامه‌ریزی بهتر به لحاظ سیاسی و اقتصادی یاری برساند.

یکی از کانال‌های عمده تسریع رشد اقتصادی کشورها، رشد بخش صنعت آن‌هاست. بخش صنعت به عنوان بخش پیشرو توسعه اقتصادی کشور قلمداد گردیده، و این بخش با مصرف ۳۲۲/۹ میلیون بشکه نفت خام، یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۳

مصرف کننده انرژی در سال ۱۳۹۳ بوده است. به طوری که طی سال های ۹۳-۱۳۸۵ مصرف نهایی این بخش ۱/۷ برابر شده و از ۱۹۴/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۵ به ۳۲۲/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است (تراز نامه انرژی، ۱۳۹۳). بر این اساس بررسی شدت انرژی در بخش صنعت از اهمیتی ویژه برخوردار می باشد.

هدف این پژوهش، تجزیه تغییر شدت انرژی به اجزاء آن در بخش صنعت ایران به تفکیک کدهای ISIC<sup>۲</sup> طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۳ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) و تابع مسافت خروجی سفارده است. بر این اساس، تحقیق حاضر در شش بخش گردآوری شده است. پس از ارائه مقدمه در بخش نخست، بخش دوم شامل پیشینه تحقیق می باشد و بخش سوم، روند شدت انرژی، نهاده های انرژی و ارزش افزوده در بخش صنعت مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش چهارم، روش شناسی پژوهش در خصوص روش تجزیه شدت انرژی با استفاده از تابع مسافت خروجی و روش برآورد موجودی سرمایه ارائه شده است. بخش پنجم نتایج حاصل از بکارگیری روش تحقیق ارائه شده است، در این بخش تغییر شدت انرژی و اجزای آن در بخش صنعت کشور مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه گیری در بخش ششم گنجانده شده است.

## ۲. پیشینه پژوهش

طی سال های مختلف مطالعات متعددی در زمینه تجزیه شدت انرژی انجام شده است که در زیر به چند مورد از مطالعات داخلی و خارجی اشاره می شود.

### ۲-۱. مروری بر مطالعات داخلی

شریفی و همکاران (۱۳۸۷)، در پژوهشی به تجزیه شدت انرژی (به دو اثر ساختاری و شدت) در صنایع نه گانه ایران با استفاده از شاخص ایده آل فیشر و تکنیک ضرب پذیری با رویکرد داده های سری زمانی براساس داده های سری زمانی طی سال های ۱۳۸۳-۱۳۷۴، پرداخته اند. نتایج تجزیه حاکی از آن است که در بیشتر صنایع نه گانه، اثر

ساختاری سهم اندکی در تغییرات اثر کل شدت انرژی داشته و اثر شدتی سهم بیشتری در تغییرات اثر کل داشته است. در بیشتر سال‌های مختلف اثر شدتی در جهت کاهش شدت انرژی حرکت کرده و اثر ساختاری سهم ضعیفی در کاهش شدت انرژی داشته است.

بهبودی و همکاران (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران» طی دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۴۷، به تجزیه شدت انرژی در ایران به دو عامل کلیدی مؤثر بر تغییر در شدت انرژی یعنی افزایش بهره‌وری و تغییر در فعالیت‌های اقتصادی پرداخته‌اند. نتایج این تجزیه به روش شاخص ایده آل فیشر نشان می‌دهد که افزایش شدت انرژی در کشور در اثر تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی و نیز کاهش بهره‌وری در بهره‌گیری از انرژی بوده است. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست آمده، یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر شدت انرژی، قیمت انرژی بوده است. به طوری که حساسیت شدت انرژی نسبت به قیمت انرژی بسیار بالا بوده است.

رشیدی‌زاده و جهانگرد (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تجزیه و تحلیل تغییر شدت انرژی در فعالیت‌های اقتصاد ایران با رویکرد SDA» شدت انرژی را به ۵ عامل ضریب مصرف انرژی، ضریب فناوری، ساختار تقاضای نهایی، سطح تقاضای نهایی و ضریب مصرف انرژی نهایی تجزیه کرده است. که ضریب مصرف انرژی نشان‌دهنده تغییرات شدت و ساختار تقاضای نهایی نشان‌دهنده تغییرات ساختار در نظر گرفته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد از کل عوامل مؤثر بر شدت انرژی، ضریب مصرف انرژی بیشترین تغییر را در شدت انرژی ایجاد نموده است. در بیشتر صنایع نیز اثر شدت از اثر ساختار تأثیر گذارتر بوده و در اکثر موارد در جهت افزایش شدت انرژی حرکت کرده است.

فریدزاد (۱۳۹۴)، به تجزیه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در قالب آثار تولیدی، ساختاری و شدت انرژی برای پنج صنعت انرژی بر کشور طی دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۹۰، با استفاده از شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا با دو رویکرد ضریبی و جمعی و در دو شکل تحلیل زمانی دو دوره‌ای و زنجیره‌ای پرداخته شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که شدت انرژی در طول دوره زمانی مورد بررسی در بخش

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۵

صنعت افزایش داشته است و در این میان اثر شدت انرژی و اثر تولیدی به ترتیب بیشترین سهم را در توضیح عوامل مؤثر بر شدت انرژی داشته‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد مقایسه تحلیل زمانی زنجیره‌ای نتایج واقعی‌تر و قابل اعتمادتری را در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهد.

## ۲-۲ مروری بر مطالعات خارجی

وانگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تجزیه و تحلیل تغییر بهره‌وری انرژی» با استفاده از روش توابع مسافت خروجی، تغییر بهره‌وری انرژی را برای ۲۳ کشور OECD بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ به اجزای مختلف؛ اثرات ناشی از تغییرات در نسبت سرمایه - انرژی، نسبت نیروی کار - انرژی، ترکیب عرضه انرژی، ترکیب خروجی، تغییر کارایی فنی و تغییرات تکنولوژیکی تجزیه کرده است. نتایج حاکی از آن است که تغییرات تکنولوژیکی مهم‌ترین منبع رشد بهره‌وری انرژی است.

مان لی<sup>۲</sup> (۲۰۱۰)، منابع تغییر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در چین را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۶ بررسی کرده است. نتایج حاکی از آن است که اثر مقیاس تولید ناخالص داخلی محرک اصلی افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای است. سرمایه، اثرات تغییر فنی در تولید و تغییر در ترکیب تولید ناخالص داخلی نقش مثبتی در کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد.

وانگ<sup>۳</sup> (۲۰۱۱)، در مقاله‌ای تحت عنوان «منابع رشد بهره‌وری انرژی و پویایی توزیع آن در چین» به تجزیه تغییر بهره‌وری انرژی در سطح استانی چین و بررسی سهم نسبی منابع و تأثیر آن‌ها بر نابرابری منطقه‌ای از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ پرداخته است. نتایج نشان داده است که: ۱- تغییر در نسبت سرمایه - انرژی، ساختار خروجی و تغییرات فناوری به رشد بهره‌وری انرژی کمک می‌کند، ۲- افزایش در نسبت سرمایه - انرژی ناشی از

---

1. Wang (2007)

2. Man Li (2010)

3. Wang(2011)

انباشت سرمایه، نیروی محرکه اصلی رشد بهره‌وری انرژی است، ۳- انباشت سرمایه نه تنها محرک رشد بهره‌وری انرژی است بلکه به همگرایی سطح بهره‌وری انرژی استان‌ها کمک کرده است.

وانگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای تغییر شدت انرژی در جهان را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۰ به پنج جزء تجزیه کرده است. نتایج نشان داده است که در طی دوره مورد بررسی پیشرفت فناوری، انباشت سرمایه و ساختار خروجی در کاهش شدت مصرف انرژی نقش داشته‌اند؛ همچنین تغییرات نسبت کار به انرژی سبب افزایش شدت انرژی شده است.

دوو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای تحت عنوان «آشنایی با رشد بهره‌وری در بخش صنعت: یک رویکرد تئوری تولید» به بررسی نیروی محرکه رشد بهره‌وری انرژی صنایع در چین طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۵ پرداخته‌اند. در این مقاله تغییر بهره‌وری انرژی به شش جزء؛ تغییر در کارایی فنی، تغییر در کارایی تکنولوژی، اثر تغییر در نسبت نیروی کار-انرژی، اثر تغییر در سرمایه-انرژی، ترکیب انرژی و ساختار خروجی تجزیه شده است. نتایج حاکی از آن است که ۱- تغییرات تکنولوژیکی و جانشینی سرمایه-انرژی سهم عمده‌ای در افزایش بهره‌وری انرژی صنایع داشته‌اند. ۲- اثرات تغییرات در کارایی فنی، ترکیب انرژی و ساختار خروجی نسبتاً جزئی بوده‌اند. ۳- اثر جانشینی نیروی کار-انرژی در رشد بهره‌وری انرژی در بخش صنعت نامساعد بوده است.

کیم و هوانگ<sup>۳</sup> (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تجزیه و تحلیل تغییر بهره‌وری انرژی» تغییر بهره‌وری انرژی را برای ۱۴ صنعت تولیدی کره با استفاده از روش تابع مسافت طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۹ به پنج جزء شامل؛ کارایی فنی، پیشرفت تکنولوژی، نسبت نیروی کار به انرژی، نسبت سرمایه به انرژی و ترکیب انرژی تجزیه کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که: ۱- پیشرفت تکنولوژی، تغییر نسبت سرمایه به انرژی و ترکیب

---

1. Wang (2013)

2. Du et al (2015)

3. Kim and Hwang (2015)

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۷

انرژی به رشد بهره‌وری انرژی در طی دوره مورد بررسی کمک کرده‌اند. ۲- به طور عمده پیشرفت تکنولوژی نیروی محرکه رشد بهره‌وری انرژی بوده است. ۳- افزایش در نرخ رشد صادرات تأثیر مثبتی روی رشد بهره‌وری انرژی داشته است.

مشاهده می‌شود که عمده مطالعات داخلی از شاخص فیشر و دیویژیا برای تجزیه شدت انرژی استفاده کرده‌اند در حالی که، در پژوهش حاضر برای اولین بار از روش تابع مسافت خروجی برای تجزیه تغییر شدت انرژی بخش صنعت کشور به اجزای آن؛ نسبت نیروی کار به انرژی، سرمایه به انرژی، تغییر کارایی فنی و تغییر کارایی تکنولوژیکی، استفاده شده است، این مطالعه به جهت تجزیه تغییر شدت انرژی با استفاده از این مدل دارای نوآوری می‌باشد. مطالعات خارجی محدودی از این روش تجزیه استفاده کرده‌اند که در مطالب فوق به آن‌ها اشاره شده است.

۳. روند شدت انرژی، نهاده انرژی و ارزش افزوده در ۲۳ زیربخش صنعت جدول (۱) مقدار ارزش افزوده و انرژی را در سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ و تغییر شدت انرژی برای دو سال ۱۳۸۳ به عنوان سال مبنا و سال ۱۳۹۳ به عنوان سال مقصد نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات جدول (۱) طی دوره مورد بررسی، متوسط ارزش افزوده واقعی بخش صنعت از مقدار (۶۲۲۰/۲) میلیارد ریال در سال ۱۳۸۳ به مقدار (۸۲۰۳/۳) در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. در سال ۱۳۸۳ صنعت تولید زغال کک (ISIC۲۳) بیشترین مقدار ارزش افزوده را به میزان (۴۱۷۶) میلیارد ریال در بین ۲۳ زیر بخش صنعت دارا می‌باشد، مقدار ارزش افزوده این صنعت در سال ۱۳۹۳ به میزان (۵۷۳۹۵) میلیارد ریال بوده است که این مقدار نسبت به ارزش افزوده سال پایه کاهش یافته است. بیشترین مقدار ارزش افزوده در سال ۱۳۹۳ مربوط به صنعت تولید مواد و محصولات شیمیایی (ISIC۲۴)، به میزان (۱۶۵۴۹۰) میلیارد ریال می‌باشد.

متوسط مقدار انرژی بخش صنعت از مقدار (۷۱۶/۵) هزار بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۳ به مقدار (۹۴۵/۷) هزار بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (ISIC۲۶) بیشترین مقدار مصرف

۸ پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران سال هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۹۷

انرژی را در سال ۱۳۸۳ به میزان (۴۴۴۷۹) هزار بشکه معادل نفت خام داشته است این صنعت همچنین بیشترین مقدار مصرف انرژی را در سال ۱۳۹۳ به میزان (۷۴۴۷۰) هزار بشکه معادل نفت خام دارا بوده است. صنعت بازیافت (ISIC۳۷) کمترین مقدار مصرف انرژی را در سال ۱۳۸۳ به میزان (۳) هزار بشکه معادل نفت خام داشته است، این صنعت همچنین کمترین مقدار مصرف انرژی را در سال ۱۳۹۳ به میزان (۶) هزار بشکه معادل نفت خام داشته است.

ستون آخر جدول (۱) تغییر شدت انرژی برای دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌کنید صنایع تولید زغال کک و تولید سایر وسایل حمل و نقل بیشترین میزان تغییر شدت انرژی را به ترتیب به میزان (۵/۲۷) و (۲/۵۲) هزار بشکه معادل نفت خام به میلیارد ریال طی دوره مورد بررسی داشته‌اند. صنایع تولید محصولات توتون و تنباکو و تولید رادیو و تلویزیون به ترتیب کمترین مقدار تغییر شدت انرژی را به میزان (۰/۳۴) و (۰/۳۷) هزار بشکه معادل نفت خام به میلیارد ریال طی دوره مورد بررسی داشته‌اند.



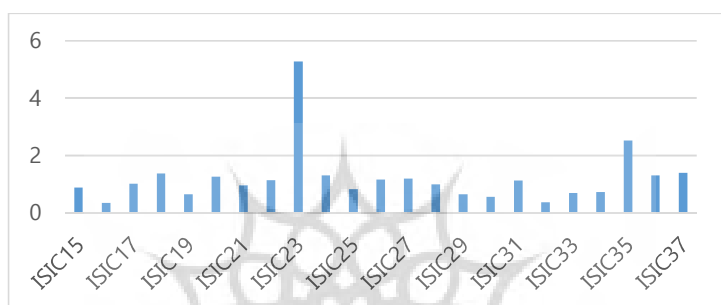
تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۹

جدول ۱: روند شدت انرژی، نهاده انرژی و ارزش افزوده در ۲۳ زیربخش صنعت

تغییر شدت انرژی دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳	انرژی ۱۳۹۳ (هزار بشکه معادل نفت خام)	ارزش افزوده ۱۳۹۳ (میلیارد ریال)	انرژی ۱۳۸۳ (هزار بشکه معادل نفت خام)	ارزش افزوده ۱۳۸۳ (میلیارد ریال)	DMUs
۰/۸۸	۱۴۴۳۶	۶۴۱۷۶	۱۳۶۴۸	۵۳۴۹۴	ISIC۱۵
۰/۳۴	۴۳	۲۰۹۱	۱۲۸	۲۱۲۴	ISIC۱۶
۱/۰۱	۳۵۱۹	۱۴۸۰۳	۳۶۳۱	۱۵۴۵۵	ISIC۱۷
۱/۳۷	۱۰۹	۱۲۸۹	۶۷	۱۰۸۵	ISIC۱۸
۰/۶۵	۸۳	۱۲۲۱	۱۱۳	۱۰۸۵	ISIC۱۹
۱/۲۷	۹۰۵	۲۶۰۷	۴۰۵	۱۴۷۷	ISIC۲۰
۰/۹۶	۲۶۱۶	۶۳۶۸	۱۷۸۳	۴۱۷۶	ISIC۲۱
۱/۱۴	۱۶۴	۲۵۳۹	۱۰۷	۱۸۸۹	ISIC۲۲
۵/۲۷	۳۴۴۶۴	۵۷۳۹۵	۲۳۴۹۷	۲۰۶۳۰۳	ISIC۲۳
۱/۳	۶۱۵۰۶	۱۶۵۴۹۰	۲۰۱۶۸	۷۰۶۴۳	ISIC۲۴
۰/۸۳	۱۸۷۹	۱۴۶۳۷	۱۸۴۵	۱۱۸۷۷	ISIC۲۵
۱/۱۶	۷۴۴۷۰	۶۳۰۵۱	۴۴۴۷۹	۴۳۸۶۷	ISIC۲۶
۱/۱۹	۵۹۲۰۴	۱۱۸۲۶۸	۳۶۵۶۰	۸۶۷۱۸	ISIC۲۷
۰/۹۹	۱۶۱۵	۱۸۳۹۷	۱۴۳۰	۱۶۱۳۷	ISIC۲۸
۰/۶۴	۱۶۲۷	۲۲۵۴۱	۱۷۶۶	۱۵۷۰۷	ISIC۲۹
۰/۵۷	۴۲	۲۵۶۷	۱۰	۳۴۸	ISIC۳۰
۱/۱۲	۷۸۹	۱۲۷۳۲	۷۷۰	۱۳۹۷۱	ISIC۳۱
۰/۳۷	۹۱	۴۹۷۸	۸۲	۱۶۴۸	ISIC۳۲
۰/۶۹	۱۹۷	۳۸۰۸	۱۶۹	۲۲۳۸	ISIC۳۳
۰/۷۲	۲۵۷۶	۶۶۲۹۱	۲۰۱۱	۳۷۱۷۰	ISIC۳۴
۲/۵۲	۲۸۹	۳۶۲۰	۲۳۵	۷۴۲۴	ISIC۳۵
۱/۳	۲۹۵	۲۵۴۷	۲۳۲	۲۵۹۹	ISIC۳۶
۱/۴۳	۶	۴۹	۳	۳۵	ISIC۳۷
۰/۹۹۹	۹۴۵/۷	۸۲۰۳/۳	۷۱۶/۵	۶۲۲۰/۲	mean

منبع: یافته‌های پژوهش، داده مرکز آمار ایران

در نمودار (۱) تغییر شدت انرژی بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC<sub>۲</sub> طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۳ ارائه شده است. با بررسی نمودار (۱) مشاهده می شود که صنعت تولید زغال کک (ISIC<sub>۲۳</sub>) بیشترین مقدار تغییر شدت انرژی را به میزان (۵/۲۷) هزار بشکه معادل نفت خام به میلیارد ریال طی دوره مورد بررسی داشته و صنعت تولید محصولات توتون و تنباکو (ISIC<sub>۱۶</sub>) کمترین مقدار تغییر شدت انرژی را به میزان ۰/۳۴ هزار بشکه معادل نفت خام به میلیارد ریال طی دوره مورد بررسی داشته است.



نمودار ۱ تغییر شدت انرژی بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC<sub>۲</sub> طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۳

منبع: یافته‌های پژوهش

#### ۴. روش پژوهش

##### ۴-۱ تابع مسافت خروجی<sup>۱</sup> (شاخص مالم کوئیست)

در این پژوهش تجزیه تغییر شدت انرژی با روش تحلیل پوششی داده‌ها و تابع مسافت خروجی شفارد انجام شده است.

با استفاده از تکنولوژی تولید در طی دوره  $t = 1, \dots, T$ ، عوامل تولید  $x_t \in R^n$  به صورت محصولات  $y_t \in R^m$  قابل تبدیل هستند، یعنی تکنولوژی شامل مجموعه بردارهای ممکن عوامل تولید - محصول می باشد.

۱. این روش در این مقاله بر اساس تابع مسافت خروجی شفارد در تئوری تولید است، که می توان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) آن را محاسبه کرد.

$$S^t = \{(K^t, L^t, E^t, Y^t) : (K^t, L^t, E^t) \text{ can produce } Y^t\} \quad (1)$$

متغیرهای ورودی و  $K^t, L^t, E^t \in R^n$  و خروجی هستند.  $y^t \in R^m$  تابع مسافت خروجی در دوره  $t$  به صورت زیر می باشد:

$$D_0^t(K^t, L^t, E^t, Y^t) = \inf \{ \theta : (K^t, L^t, E^t, Y^t / \theta) \in S^t \} \quad (2)$$

اگر بردار  $Y^t$  جزئی از مجموعه تولید  $S^t$  باشد تابع مسافت  $D_0^t(K^t, L^t, E^t, Y^t)$  کوچک تر یا مساوی یک است. در صورتی که  $Y^t$  بر روی مرز مجموعه تولید  $S^t$  باشد تابع مسافت  $D_0^t(K^t, L^t, E^t, Y^t)$  برابر یک خواهد بود. تابع مسافت خروجی بر اساس دو دوره زمانی مختلف به صورت زیر تعریف می شود:

$$D_0^{t+i}(K^t, L^t, E^t, Y^t) = \inf \{ \theta : (K^t, L^t, E^t, Y^t / \theta) \in S^{t+i} \} \quad (3)$$

به طوری که:

$$k^t = \frac{K^t}{E^t}, l^t = \frac{L^t}{E^t}$$

به ترتیب، نسبت سرمایه به انرژی، نیروی کار به انرژی در دوره  $t$  هستند. با استفاده از تکنولوژی تولید در دوره  $t$  به عنوان مرجع، می توان معادله اندازه گیری تغییر شدت انرژی بین دوره  $t$  و  $t+i$  را به صورت زیر به دست آورد:

$$\frac{E^{t+i}/Y^{t+i}}{E^t/Y^t} = \frac{D_0^t(K^t, L^t, E^t, Y^t)}{D_0^{t+i}(K^{t+i}, L^{t+i}, E^{t+i}, Y^{t+i})} \times \frac{D_0^{t+i}(K^{t+i}, L^{t+i}, E^{t+i}, Y^{t+i})}{D_0^t(K^{t+i}, L^{t+i}, E^{t+i}, Y^{t+i})}$$

$$\begin{aligned} & \times \left[ \left( \frac{D\delta(k^{t+i}, l^{t+i}, 1, 1)}{D\delta(k^t, l^t, 1, 1)} \right) \left( \frac{D\delta(k^{t+i}, l^{t+i}, 1, 1)}{D\delta(k^t, l^t, 1, 1)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ & \times \left[ \left( \frac{D\delta(k^t, l^{t+i}, 1, 1)}{D\delta(k^t, l^t, 1, 1)} \right) \left( \frac{D\delta(k^{t+i}, l^{t+i}, 1, 1)}{D\delta(k^t, l^t, 1, 1)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ & = EFF \times TECH(t+i) \times KE^t \times LE^t \end{aligned} \quad (۴)$$

اگر تکنولوژی دوره  $t+i$  در نظر گرفته شود طبق معادله ۴، تجزیه به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{E^{t+i}/Y^{t+i}}{E^t/Y^t} = EFF \times TECH(t) \times K^{t+i} \times L^{t+i} \quad (۵)$$

$$\begin{aligned} \frac{E^{t+i}/Y^{t+i}}{E^t/Y^t} &= EFF \times [TECH(t+i) \times TECH(t)]^{\frac{1}{2}} \\ & \times (KECHE^t \times KECHE^{t+i})^{\frac{1}{2}} \times (LECHE^t \times LECHE^{t+i})^{\frac{1}{2}} \\ & EFF \times TECH \times KECHE \times LECHE \end{aligned} \quad (۶)$$

طبق معادله (۶) تغییر شدت انرژی به چهار جزء تجزیه می‌شود؛ جزء اول، تغییر کارایی فنی، جزء دوم، تغییر پیشرفت تکنولوژی، جزء سوم نسبت سرمایه به انرژی و جزء چهارم نسبت نیروی کار به انرژی است. به منظور اندازه‌گیری شاخص کارایی فنی و پیشرفت تکنولوژیکی لازم است که توابع مسافت را اندازه‌گیری نمود. روش‌های زیادی برای اندازه‌گیری تابع مسافت وجود دارد و معروف‌ترین آن‌ها روش برنامه‌ریزی خطی می‌باشد. برای بنگاه  $im$  باید چهار تابع

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۱۳

مسافت محاسبه شود تا تغییرات شاخص کارایی در طول دو دوره زمانی مشخص شود و برای این کار باید چهار مسئله برنامه‌ریزی خطی حل شود.

برای به دست آوردن دو جزء نسبت تغییر سرمایه به انرژی و تغییر نیروی کار به انرژی در صنعت  $Z$  باید مدل برنامه‌ریزی خطی زیر حل شود که نقطه کارایی برای صنعت  $Z$  به دست آید و با جایگزینی آن در توابع مسافت معادله‌های (۴) و (۵) این دو جزء برای هر کد آیسیک و در هر دوره محاسبه گردد (چان هوا وانگ، ۲۰۰۷).

$$\begin{aligned} & [D\theta(k^t, l^t, e^t \cdot y^t)]^{-1} = MAX\theta \\ & s, t, \theta \leq zY_{j,t}; \\ & \sum_{j=1}^{23} zK_{j,t} \leq k_{j,t}; \\ & \sum_{j=1}^{23} zL_{j,t} \leq l_{j,t}; \\ & \sum_{j=1}^{23} zE_{j,t} \leq e_{j,t}; \end{aligned} \quad (7)$$

در این مطالعه برای برآورد موجودی سرمایه

در صنعت  $n$  به تفکیک کدهای ISIC<sup>۲</sup> و دوره  $t$ ، طبق مطالعات وانگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۱)، لی<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) و وانگ (۲۰۱۳)، از روش موجودی دائمی (PIM<sup>۳</sup>) استفاده شده است. این روش به پیشنهاد سازمان ملل متحد، به طور تقریبی در بیشتر کشورها استفاده می‌شود.

$$K_{n,t} = (1 - \delta)K_{n,t-1} + I_{n,t} \quad (8)$$

به پیروی از مطالعات هال و جونز<sup>۴</sup> (۱۹۹۹) و هندرسون و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۷) برای به دست آوردن ذخیره سرمایه اولین دوره از رابطه زیر استفاده شده است:

- 
1. Wang(2011)
  2. Li(2010)
  3. Perpetual Inventory Method (PIM)
  4. Hall & Jones(1999)
  5. Henderson at el(2007)

$$K_{n,t-1} = \frac{I_{n,t-1}}{\delta + g_n} \quad (9)$$

$K_t$  ذخیره سرمایه سال  $t$ ،  $K_{t-1}$  ذخیره سرمایه سال  $t-1$ ،  $I_t$  سرمایه گذاری در سال  $t$ ،  $I_{t-1}$  سرمایه گذاری در سال  $t-1$ ،  $\delta$  نرخ استهلاک (۵ درصد در نظر گرفته شده است) و  $g$  متوسط نرخ رشد سرمایه گذاری برای صنعت  $n$  به تفکیک کدهای ISIC۲ در دوره مورد بررسی است.

### ۵. تجزیه و تحلیل نتایج

در این مطالعه به منظور تجزیه تغییر شدت انرژی در ۲۳ زیر بخش صنعت کشور از سه متغیر ورودی؛ سرمایه، نیروی کار و انرژی (مجموع مصرف سوخت های بنزین، گازوئیل، نفت کوره، نفت سفید، گاز مایع، گاز طبیعی و برق) و یک متغیر خروجی (ارزش افزوده) استفاده شده است. همه داده های مورد استفاده شده در تحقیق بر حسب قیمت واقعی می باشند که برای تبدیل داده های اسمی به حقیقی، از شاخص قیمت تولید کننده سال ۱۳۹۰ استفاده شده است. لازم به ذکر است که داده های مورد استفاده در این مطالعه از نتایج آمارگیری از کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر و مرکز آمار ایران گردآوری شده است. در ادامه، براساس آمارهای مصرف انرژی و ارزش افزوده (به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰) بخش صنعت، تجزیه تغییر شدت انرژی بین دوره زمانی سال های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار می گیرد. در این میان از دو نوع تحلیل زمانی دو دوره ای و زنجیره ای برای تجزیه تغییر شدت انرژی ۲۳ زیر بخش صنعت بهره گرفته می شود.

#### ۵-۱. تجزیه دو دوره ای تغییر شدت انرژی برای سال های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳

نتایج برآورد تغییر شدت انرژی برای ۲۳ زیر بخش صنعت با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس بین سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ در جدول (۲) گزارش شده است. تغییر شدت انرژی

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۱۵

از حاصل ضرب چهار جزء؛ کارایی فنی، کارایی تکنولوژیکی، اثر نسبت سرمایه به انرژی و نسبت نیروی کار به انرژی حاصل می‌گردد.

تغییر شدت انرژی، نسبت بین دو سال (شدت انرژی ۱۳۹۳)/(شدت انرژی ۱۳۸۳)  $\times 100$  می‌باشد و مقدار منفی نشان‌دهنده کاهش شدت انرژی است. متوسط رشد تغییر شدت انرژی برای ۲۳ زیر بخش صنعت بین سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ به میزان (۰,۱۵) درصد کاهش یافته است. متوسط سهم چهار جزء؛ تغییر کارایی فنی ((کارایی فنی - ۱)  $\times 100$ )، کارایی تکنولوژیکی ((کارایی تکنولوژیکی - ۱)  $\times 100$ )، اثر نسبت سرمایه به انرژی ((تغییر سرمایه به انرژی - ۱)  $\times 100$ ) و نسبت نیروی کار به انرژی ((تغییر نیروی کار به انرژی - ۱)  $\times 100$ ) به ترتیب به میزان (۱۳,۶۳)٪، (۵۰,۷۴)٪، (۴۳/۴۵)٪ و (۳/۰۸)٪ می‌باشد.

صنعت تولید توتون و تنباکو (ISIC۱۶) دارای کم‌ترین مقدار تغییر شدت انرژی به میزان (۶۵/۹۲-) درصد می‌باشد دلیل پایین بودن مقدار شدت انرژی این صنعت، رشد مثبت شاخص‌های تغییر سرمایه به انرژی و تغییر نیروی کار به انرژی بوده است. بیش‌ترین میزان تغییر شدت انرژی هم مربوط به صنعت تولید زغال کک (ISIC۲۳) به میزان (۴۲۷/۱۰) درصد می‌باشد.

اثر تغییر نسبت سرمایه به انرژی عامل عمده کاهش شدت انرژی در بخش صنعت کشور بوده است، مقدار متوسط این شاخص برای دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳، (۴۳/۴۵-) درصد می‌باشد، این اثر در تمامی صنایع به جزء صنعت انتشار و چاپ، نقش مثبتی در کاهش میزان شدت انرژی داشته است. و اثر تغییر نسبت نیروی کار به انرژی، کارایی فنی و کارایی تکنولوژیکی اثر فزاینده‌ای در افزایش شدت انرژی داشته‌اند. جزء کارایی تکنولوژیکی در تمامی صنایع به جزء صنایع تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده و تولید ماشین‌آلات اداری، سهم فزاینده‌ای در افزایش شدت انرژی داشته است. جزء کارایی فنی در ۱۵ زیر بخش از ۲۳ زیر بخش صنعت، دارای سهم مثبتی در افزایش شدت انرژی بوده است. در نهایت جزء نیروی کار به انرژی می‌باشد که مقدار منفی آن در صنایع مواد غذایی و آشامیدنی، تولید محصولات توتون و تنباکو، دباغی و

۱۶ پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران سال هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۹۷

عمل آوردن چرم، انتشار و چاپ، تولید زغال کک، تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی، تولید فلزات اساسی، تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده، تولید ماشین آلات مولد و تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر، موجب کاهش شدت انرژی گردیده است و در بقیه صنایع عامل افزایش شدت انرژی بوده است.

در صنایع مواد غذایی و آشامیدنی، تولید توتون و تنباکو، تولید دباغی و عمل آوردن چرم، تولید کاغذ و محصولات کاغذی، تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی، تولید محصولات فلزی فابریکی، تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده، تولید ماشین آلات اداری، تولید رادیو و تلویزیون، تولید ابزار پزشکی و تولید وسایل نقلیه موتوری، تغییر شدت انرژی طی دوره ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ کاهش یافته است.

تغییر شدت انرژی در صنایع تولید منسوجات، تولید پوشاک، تولید چوب و محصولات چوبی، تولید انتشار و چاپ، تولید زغال کک، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی، تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی، تولید فلزات اساسی، تولید ماشین آلات مولد، تولید سایر وسایل حمل و نقل، تولید مللمان و بازیافت طی دوره ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ افزایش یافته است.



تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۱۷

جدول ۲ تغییر شدت انرژی و اثر تغییر اجزای آن در بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC

سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳

DMUs	شدت انرژی ۱۳۸۳	شدت انرژی ۱۳۹۳	تغییر شدت انرژی (%)	کارایی فنی	پیشرفت تکنولوژیکی	سرمایه به انرژی	نیروی کار به انرژی
ISIC۱۵	۰/۲۵۵	۰/۲۲۵	-۱۱/۸۳	-۱۵/۴	۳۸/۸	-۱۸/۷	-۷/۶۴
ISIC۱۶	۰/۰۶	۰/۰۲	-۶۵/۹۲	۳/۷	۳/۵	-۶۵/۶	-۷/۷
ISIC۱۷	۰/۲۳۵	۰/۲۳۸	۱/۲۱	۷/۷	۲۹/۲	-۳۵	۱۱/۹
ISIC۱۸	۰/۰۶۲	۰/۰۸۵	۳۶/۶۴	۸۰/۱	۵۳/۹	-۵۴/۱	۷/۴
ISIC۱۹	۰/۱۰۴	۰/۰۶۸	-۳۴/۸۸	۸۵	۲۳/۴	-۷۰/۵	-۳/۳
ISIC۲۰	۰/۲۷۴	۰/۳۴۷	۲۶/۶۸	۱۱/۸	۱۵۸	-۶۳/۴	۲۰
ISIC۲۱	۰/۴۲۷	۰/۴۱۱	-۳/۸	-۴۲/۵	۱۳۹/۷	-۳۲/۳	۳/۱
ISIC۲۲	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۱۴/۱۴	۱۰/۶	۱/۸	۲/۴	-۱
ISIC۲۳	۰/۱۱۴	۰/۶	۴۲۷/۱۰	۰	۷۳۸/۶	-۳۵	-۳/۳
ISIC۲۴	۰/۲۸۵	۰/۳۷۲	۳۰/۲۰	-۶۲/۸	۲۵۴/۵	-۱۵/۹	۱۷/۴
ISIC۲۵	۰/۱۵۵	۰/۱۲۸	-۱۷/۴۲	۳۱/۷	۱۰/۳	-۳۵/۴	-۱۲
ISIC۲۶	۱/۰۱۴	۱/۱۸۱	۱۶/۴۹	-۶۰/۶	۳۶۶/۸	-۳۹/۱	۴
ISIC۲۷	۰/۴۲۲	۰/۵۰۱	۱۸/۶۶	-۶۵/۹	۳۶۳	-۲۲/۲	-۳/۴
ISIC۲۸	۰/۰۸۹	۰/۰۸۸	-۰/۸۹	۶۲	۸/۹	-۴۴/۱	۰/۵
ISIC۲۹	۰/۱۱۲	۰/۰۷۲۰	-۳۵/۷۸	۲۵/۴	۱۴	-۵۴/۳	-۱/۷
ISIC۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۱۶	-۴۴/۳۳	۰	-۱۴/۹	-۳۶/۳	۲/۷
ISIC۳۱	۰/۰۵۵	۰/۰۶۲	۱۲/۴۰	۱۰۷/۲	-۲۴/۵	-۲۷/۲	-۱/۳
ISIC۳۲	۰/۰۵۰	۰/۰۱۸	-۶۳/۲۶	۰	۱/۷	-۶۵/۴	۴/۴
ISIC۳۳	۰/۰۷۶	۰/۰۵۲	-۳۱/۷۳	۴۴/۶	۱/۱	-۵۵/۴	۴/۷
ISIC۳۴	۰/۰۵۴	۰/۰۳۹	-۲۸/۲۲	۳۳/۶	۲۶/۴۰	-۲۳/۸	-۴/۲
ISIC۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۸	۱۵۱/۹۴	۱۶۱/۳	۱	-۳۴/۳	۴۵/۳
ISIC۳۶	۰/۰۸۹	۰/۱۱۶	۳۰/۲۱	۲۱۱/۲	۱۱/۶	-۶۳/۶	۳
ISIC۳۷	۰/۰۸۷	۰/۱۲۲	۳۹/۱۶	۹۴/۱۰	۱۷/۵	-۴۲	۵/۲
mean	۰/۱۱۵۴	۰/۱۱۵۲	-۰/۱۵	۱۳/۶۳	۵۰/۷۴	-۴۳/۴۵	۳/۰۸

منبع: یافته‌های پژوهش

## ۲-۵. تجزیه زنجیره‌ای تغییر شدت انرژی طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۳

جدول (۳) میانگین هندسی از تغییرات سالانه برای هر دو سال متوالی در بخش صنعت کشور را نشان می‌دهد. کم‌ترین میزان تغییر شدت انرژی مربوط به دو سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲ به مقدار (۱۱/۷۲۷-) درصد طی دوره مورد بررسی می‌باشد، که جزء کارایی فنی، تغییر سرمایه به انرژی و نیروی کار به انرژی به ترتیب با مقدار (۸/۷۱۳-)، (۶/۰۳۳-) و (۲/۱۲۸-) درصد، بیش‌ترین سهم را در کاهش تغییر شدت انرژی این دو دوره پیاپی داشته‌اند. بالاترین میزان تغییر شدت انرژی مربوط به دو سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹ به مقدار (۲۲/۰۹۶) درصد طی دوره مورد بررسی می‌باشد، که دو جزء پیشرفت تکنولوژیکی و تغییر نیروی کار به انرژی با مقادیر (۵۴/۵۶۳) و (۳/۷۰۲) درصد، بیشترین سهم را در افزایش تغییر شدت انرژی این دو دوره پیاپی داشته‌اند.

همانطور که جدول (۳) نشان داده است متوسط شدت انرژی در دو سال ۱۳۸۴-۱۳۸۳ و ۱۳۸۵-۱۳۸۴ پایین بوده است، این میزان در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۵ افزایش یافته است که جزء پیشرفت تکنولوژیکی عامل مهمی در افزایش میزان شدت انرژی این سال بوده است. در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ مقدار شدت انرژی کاهش یافته است، جزء پیشرفت تکنولوژیکی، سرمایه به انرژی و نیروی کار به انرژی سهم مثبتی در کاهش شدت انرژی این سال داشته‌اند، در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۸ نیز شدت انرژی کاهش یافته است. همانطور که در بالا نیز اشاره گردید سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹ بالاترین میزان (۲۲/۰۹۶) شدت انرژی را دارا بوده است. در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰ که قانون هدفمندی یارانه حامل‌های انرژی به اجرا در آمده است میزان شدت انرژی به مقدار (۵/۷۳۴) کاهش یافته است، در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ روند کاهش شدت انرژی ادامه داشته است. در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱ با وجود اینکه جزء پیشرفت تکنولوژیکی در کاهش شدت انرژی این سال نقش مثبتی داشته است اما جزء کارایی فنی با مقدار بالا (سهم منفی) موجب افزایش شدت انرژی شده است، در نهایت سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲، کم‌ترین میزان تغییر شدت انرژی را در طی دوره مورد بررسی داشته است.

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۱۹

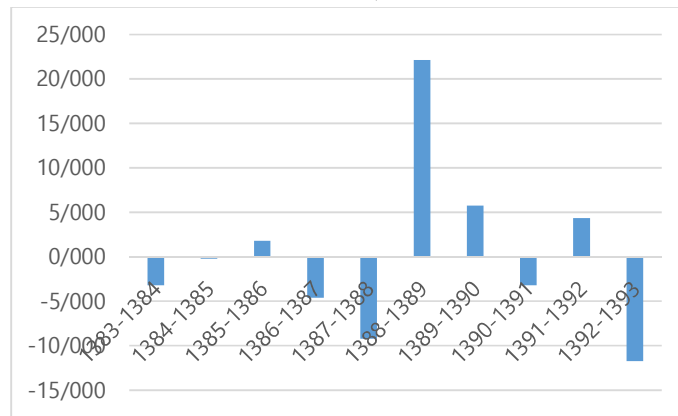
جدول ۳ میانگین هندسی سالانه از تغییرات شدت انرژی و اجزای آن در بخش صنعت به تفکیک

کدهای ISIC<sup>۲</sup> برای هر دو سال متوالی

دو دوره متوالی	تغییر شدت انرژی	کارایی فنی	پیشرفت تکنولوژیکی	سرمایه به انرژی	نیروی کار به انرژی
۱۳۸۴-۱۳۸۳	-۳/۲۰۱	-۴/۴۵۴	۱۱/۲۷۲	-۱۰/۳۸۸	۱/۶۰۳
1384-1385	-۰/۲۰۳	۸/۱۷۱	-۳/۴۴۷	-۵/۶۶	۱/۲۸۵
۱۳۸۶-۱۳۸۵	۱/۷۷۷	-۸/۲۱۶	۱۵/۲۴	-۳/۹۷۴	۰/۲۰۶
۱۳۸۷-۱۳۸۶	-۴/۶۲۹	۲۲/۸۸۹	-۱۴/۲۷۱	-۷/۲۰۱	-۲/۴۴۸
۱۳۸۸-۱۳۸۷	-۹/۲۱۹	-۲/۱۹	۰/۲۸۳	-۸/۴۵۷	۱/۱۰۲
۱۳۸۹-۱۳۸۸	۲۲/۰۹۶	-۲۲/۵۷	۵۴/۵۶۳	-۱/۶۲۱	۳/۷۰۲
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۵/۷۳۴	-۹/۸۶۶	۲۱/۴۴۵	-۴/۸۵	۱/۵۱۷
۱۳۹۱-۱۳۹۰	-۳/۱۹۱	-۸/۳۱۱	۱۵/۷۳۴	-۸/۵۱۴	-۰/۲۸
۱۳۹۲-۱۳۹۱	۴/۳۳۹	۶۷/۵۵۶	-۳۸/۸۹	۲/۸۱۲	-۰/۸۸۶
۱۳۹۳-۱۳۹۲	-۱۱/۷۲۷	-۸/۷۱۳	۵/۱۴۴	-۶/۰۳۳	-۲/۱۲۸
میانگین	-۰/۲۰۳	۱/۱۰۴	۴/۰۳۹	-۵/۴۵۷	۰/۳۵۲

منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۲) تغییر شدت انرژی بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC<sup>۲</sup> طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۳ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید بیش‌ترین افزایش میزان تغییر شدت انرژی به ترتیب؛ مربوط به سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۹ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ طی دوره مورد بررسی می‌باشد، که دو جزء پیشرفت تکنولوژیکی و تغییر نیروی کار به انرژی بیشترین سهم را در افزایش شدت انرژی این دو دوره داشته‌اند. دو سال متوالی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ کم‌ترین تغییر شدت انرژی طی دوره مورد بررسی را داشته است، که جزء کارایی فنی، نسبت سرمایه به انرژی و نیروی کار به انرژی بیش‌ترین سهم را در کاهش تغییر شدت انرژی این دو دوره پیاپی داشته‌اند. با توجه به اینکه در نمودار (۲) شدت انرژی در نوسان بوده است اما در نهایت تغییر شدت انرژی روند کاهشی را در طی دوره مورد بررسی داشته است.



نمودار ۲ تجزیه زنجیره‌ای تغییر شدت انرژی بخش صنعت طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۳

منبع: یافته‌های پژوهش

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی

انرژی یکی از عوامل اصلی تولید و یکی از مؤلفه‌های رشد و توسعه اقتصادی کشورها است. کمیابی منابع انرژی کشورهای جهان را به فکر استفاده بهتر از ذخایر انرژی موجود و نیز کشف منابع جدید انداخته است. اهمیت این مسأله در کشور ما به دلیل ذخایر بالا و مصرف بالای انرژی اهمیتی ویژه دارد. در این مطالعه ابتدا به تجزیه تغییر شدت انرژی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و تابع مسافت خروجی سفارد در تئوری تولید برای دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ پرداخته شده است، سپس تغییر شدت انرژی برای تمام سال‌های مورد بررسی به صورت تجزیه زنجیره‌ای محاسبه شده است. نتایج استفاده از این روش در هر دو حالت زمانی دو دوره‌ای و زنجیره‌ای نشان می‌دهد که متوسط رشد تغییر شدت انرژی برای ۲۳ زیر بخش صنعت کاهش یافته است، و نسبت سرمایه به انرژی از بین چهار جزء شدت انرژی کمترین مقدار (بیشترین سهم) را در کاهش شدت انرژی داشته است.

در تجزیه دو دوره‌ای ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ دریافتیم که صنعت تولید توتون و تنباکو (ISIC۱۶) دارای پایین‌ترین مقدار تغییر شدت انرژی به میزان (۶۵/۹۲-) درصد می‌باشد

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۲۱

دلیل پایین بودن مقدار شدت انرژی این صنعت، رشد مثبت شاخص‌های تغییر سرمایه به انرژی و تغییر نیروی کار به انرژی بوده است. بالاترین مقدار شدت انرژی هم مربوط به صنعت تولید زغال کک (ISIC۲۳) به میزان (۴۲۷/۱۰) درصد می‌باشد پایین بودن جزء کارایی تکنولوژیکی علت بالا بودن میزان شدت انرژی این صنعت بوده است.

نتایج تغییر شدت انرژی که برای تمام سال‌های مورد بررسی به صورت تجزیه دو دوره‌ای محاسبه شده است حاکی از آن است که بیشترین کاهش شدت انرژی مربوط به دو سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ به مقدار (۱۱/۷۲۷-) درصد می‌باشد، که جزء کارایی فنی، تغییر سرمایه به انرژی و نیروی کار به انرژی به ترتیب با مقدار (۸/۷۱۳-)، (۶/۰۳۳-) و (۲/۱۲۸-) درصد، بیشترین سهم را در کاهش شدت انرژی این دو دوره پیاپی داشته‌اند. متوسط شدت انرژی در سال ۱۳۸۴-۱۳۸۳ منفی بوده است، که این میزان تا سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ که بالاترین میزان (۲۲/۰۹۶) شدت انرژی را دارا بوده است، در نوسان بوده است. که با اجرای قانون هدفمندی یارانه حامل‌های انرژی در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰ میزان شدت انرژی کاهش یافته است، این روند کاهش شدت انرژی به جز در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲، تا پایان سال مورد بررسی ادامه داشته است.

با توجه به اینکه نهاده انرژی یکی از نهاده‌های مهم مورد استفاده در بخش صنعت می‌باشد، لذا اتخاذ سیاست‌های درست توسط دولت و کارگاه‌های صنعتی جهت استفاده کارا از انرژی می‌تواند امری حیاتی برای کارگاه‌های صنعتی باشد. همان‌طور که یافته‌ها نشان داده است میزان بالای شدت انرژی در کارگاه‌های صنعتی تولید زغال کک، تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی، تولید مواد و محصولات شیمیایی و تولید فزات اساسی که صنایع با انرژی‌بری بالایی هم هستند، به سبب پایین بودن کارایی تکنولوژیکی بوده است. بنابراین کارگاه‌های صنعتی با انرژی‌بری بالا باید با به کار گرفتن تکنولوژی‌های جدید، شدت انرژی را در سطح کارگاه‌ها کاهش دهند و در بلندمدت از صرفه اقتصادی حاصل این کار بهره ببرند. لذا پیشنهاد می‌شود که دولت

۲۲ پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران سال هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۹۷  
جهت تشویق صنایع برای استفاده از تکنولوژی‌های جدید در سطح کارگاه‌ها  
سیاست‌های حمایتی اعمال نماید.

## ۷. منابع

### الف) فارسی

بهبودی، داوود، میهن اصلانی نیا، نسیم و سجودی، سکینه (۱۳۹۴)، تجزیه شدت  
انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال  
هفتم، شماره ۲۶، صص ۱۳۰-۱۰۵.

ترازنامه انرژی (۱۳۹۳)، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و  
انرژی.

شریفی، علی مراد، صادقی، مهدی، صادقی، مهدی، نفر و دهقان شبانی، زهرا  
(۱۳۸۷)، تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال  
دهم، شماره ۳۵، صص ۱۱۰-۷۹.

رشیدی‌زاده، مریم، جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۹)، تجزیه و تحلیل تغییر شدت انرژی  
در فعالیت‌های اقتصاد ایران با رویکرد SDA، فصلنامه اقتصاد کاربردی، سال دوم، شماره  
۶، صص ۶۷-۹۱.

فریدزاد، علی (۱۳۹۴)، تحلیل تجزیه شدت انرژی در صنایع انرژی بر ایران با  
استفاده از روش شاخص لگاریتم میانگین دیویریا با تأکید بر رویکرد زمانی دو دوره‌ای  
و زنجیره‌ای، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۸۷-۱۱۷  
گلی، زینت و اشرفی، یکتا (۱۳۸۹)، بررسی شدت انرژی کشور و تجزیه آن با استفاده  
از شاخص ایده آل فیشر در ایران، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال  
هجدهم، شماره ۵۴، صص ۵۴-۳۵.

مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، ۱۳۹۳-۱۳۸۳.

تجزیه تغییر شدت انرژی در بخش صنعت... ۲۳

مرکز آمار ایران، نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، ۱۳۹۳-۱۳۸۳.

مرکز آمار ایران، نتایج سرشماری کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، ۱۳۹۳-۱۳۸۳.

ب) انگلیسی

Du, K., Huang, L. and Yang, Z. (2015). Understanding Industrial Energy Productivity Growth in China: a Production-Theoretical Approach, *Energy Efficiency*, Vol.8, Issue.3, pp.493-508.

Hall, R.E., Jones, C.I. (1999). Why Do Some Countries Produce so Much More Output Per Worker than Others?, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114, pp.83-116.

Henderson, D.J., Tochkov, K. and Badunenko, O. (2007). a Drive Up the Capital Coast? Contributions to Post-Reform Growth across Chinese Provinces. *Journal of Macroeconomics*, Vol.29, pp.569-594.

Kim, K.U., and Hwang, S.J. (2015). A Decomposition Analysis of Energy Productivity Change in Korean Manufacturing Industries: A Distance Function Approach, *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 24, Issue.2, pp. 411-433.

Li, M. (2010). Decomposing the Change of CO<sub>2</sub> Emissions in China: a Distance Function Approach", *Ecological Economics*, Vol.70, Issue.1, pp.77-85.

Seigel, I.H. (1945). The "Ideal" Index-Number Formula, *J Am Statist Assoc*, Vol. 40, pp. 520-523.

Shephard, R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, New Jersey.

Wang, C. (2007). Decomposing Energy Productivity Change: a Distance Function Approach, *Energy*, Vol.32, Issue.8, pp. 1326-1333.

Wang, C. (2011). Sources of Energy Productivity Growth and its Distribution Dynamics in China, *Resource and Energy Economics*, Vol.33, Issue.1, pp.279-292.

۲۴ پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران سال هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۹۷

Wang, C. (2013). Changing Energy Intensity of Economies in the World and its Decomposition, *Energy Economics*, Vol.40, pp.637-644.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



۸ پیوست

جدول (الف) گروه‌های فعالیت در بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC<sub>2</sub>

کد ISIC <sub>2</sub>	گروه صنعتی
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو
۱۷	تولید منسوجات
۱۸	تولید پوشاک
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی
۲۲	انتشار و چاپ
۲۳	صنایع تولید زغال کک
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی
۲۷	تولید فلزات اساسی
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات
۲۹	تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده
۳۰	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر و محاسباتی
۳۱	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق
۳۲	تولید رادیو و تلویزیون
۳۳	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و ابزار دقیق
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه بندی نشده
۳۷	بازیافت