

اثر تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی در بخش صنعت ایران

یونس گلی*، لیلا آرغا**، یوسف محنت‌فر***

تاریخ پذیرش

۱۳۹۹/۰۸/۲۶

تاریخ دریافت

۱۳۹۸/۰۳/۲۰

چکیده:

یکی از مسائل اصلی توسعه بخش صنعت، افزایش کارایی انرژی برای بهبود کیفیت محیط زیست است. در این راستا، مطالعه حاضر با استفاده از شواهد آماری بخش صنعت براساس کدهای آیسیک دو رقمی برای دوره زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ به برآورد کارایی انرژی در زیر بخش‌های صنعت و اثر تمرکز صنعتی بر آن می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که کارایی انرژی در گروه بازیافت در کمترین مقدار برابر با ۰/۰۱ و در گروه تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی در بیشترین مقدار برابر با ۰/۷۸ است. همچنین گروه‌های محصولات فلزی فابریکی (کد ۲۸)، کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و غذایی و آشامیدنی (کد ۱۵) دارای کمترین تمرکز صنعتی برابر با ۰/۰۳۱ است و گروه ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی (کد ۳۰) دارای بیشترین تمرکز، برابر با ۰/۳۹۴ است. نتایج برآورد الگو توبیت نشان می‌دهد که تمرکز صنعتی، اثر منفی و معناداری بر کارایی انرژی دارد، و مخارج تحقیق و توسعه، قیمت انرژی و سرمایه انسانی اثر مثبت و معناداری بر کارایی انرژی دارد. تخصیص مخارج تحقیق و توسعه در جهت شناخت فرآیندهای نوین تولیدی، بهبود کیفیت سرمایه انسانی و توزیع فعالیت‌های صنعتی در استان‌ها براساس مزیت نسبی از جمله سیاست‌های موثر برای افزایش کارایی انرژی است.

کلیدواژه‌ها: کارایی انرژی، تمرکز صنعتی، الگوی توبیت.

طبقه‌بندی JEL: P28, O25, L16

* دکتری اقتصاد دانشکده علوم اجتماعی و تربیتی دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران،

younes.goi67@gmail.com

** دکتری اقتصاد دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، (نویسنده مسئول)،

Leilaargha95@gmail.com

*** دانشیار گروه اقتصاد دانشکده علوم اقتصادی و اداری دانشگاه مازندران، بابل، ایران،

y.mehnatfar@umz.ac.ir

۱. مقدمه

سازگاری بین اهداف اقتصادی در تعیین رشد اقتصادی بالاتر و رفاه بالاتر همواره یکی از اهداف هر اقتصادی تلقی می‌شود. براساس نظریه کالدور (۱۹۶۶)، صنعتی شدن موتور رشد اقتصادی است. به همین دلیل کشورهای در حال توسعه برای دستیابی به نرخ رشد اقتصادی بالاتر، به سمت توسعه صنعت گرایش دارند. اما انرژی مصرفی بخش صنعت به ازای هر واحد تولید بیش از سایر بخش‌های اقتصادی است، به این واسطه سهم بخش صنعت در تولید آلاینده‌ها بیش از سایر بخش‌های اقتصادی است (کوپیدو و همکاران،^۱ ۲۰۱۶). با توجه به حساسیت‌های اقتصادی و اجتماعی در مورد استفاده ناکارآمد از انرژی و آثار زیانبار آن بر کاهش کیفیت محیط زیست، بهینه‌سازی مصرف انرژی از اهمیت بالایی در سیاستگذاری برخوردار است. از یک طرف انرژی یکی از نهاده‌های تولیدی است که نقش بسزایی را در رشد اقتصادی ایفا می‌کند و از طرف دیگر هر چه میزان مصرف سوخت‌های فسیلی افزایش یابد، کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد. در همین راستا با در نظر گرفتن مسئله رشد اقتصادی، بهبود کارایی مصرف انرژی گامی اساسی برای کاهش اثرات جانبی منفی مصرف انرژی است.

کارایی انرژی به معنای حداقل انرژی به ازای سطح ثابتی از تولید قابل تعریف است. براساس شواهد داده‌های بانک مرکزی، نسبت انرژی مصرفی به تولید^۲ در کل اقتصاد از رقم ۰/۱۷۳ در سال ۱۳۸۳ به رقم ۰/۲۲۳ در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. همچنین در سطح جهانی به طور متوسط برای تولید یک میلیون دلار ارزش افزوده حدود ۳۸ تن معادل نفت خام انرژی مصرف شده است، در حالی که این رقم در ایران بیش از ۳/۴ برابر مقدار متوسط جهانی است. همچنین سهم بخش صنعت در مصرف انرژی در سال ۱۳۹۵، برابر با ۲۳/۶۳ درصد بوده است، و از این نظر افزایش کارایی انرژی در این بخش می‌تواند نقش بسزایی را در کاهش مصرف انرژی داشته باشد. تعیین ساختاری از صنعت

1. Kupidou et al

۲. نسبت انرژی مصرفی به تولید به صورت انرژی مصرفی به میلیون بشکه معادل نفت خام تقسیم بر تولید ناخالص داخلی واقعی به قیمت پایه سال ۱۳۹۰ محاسبه شده است

که بتواند اثرات منفی توسعه صنعت به واسطه بهبود کارایی مصرف انرژی را به حداقل کاهش دهد، مهم و دارای اهمیت است. در این راستا، مطالعه حاضر به بررسی اثر تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی با استفاده از الگوی توییت می‌پردازد. ساختار مطالعه به این صورت است که ابتدا به ارائه مبانی نظری و پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود، سپس به اندازه‌گیری متغیرها و گردآوری داده‌ها و تحلیل آنها پرداخته می‌شود و در نهایت به تحلیل نتایج حاصل از برآورد الگو پرداخته می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

بهبود کارایی مصرف انرژی برای بهره‌برداری از مزیت‌های توسعه اقتصادی از جمله مسائلی است که همواره مورد توجه سیاستگذاران قرار گرفته است. براساس تئوری‌های تقاضا، افزایش قیمت انرژی منجر به افزایش هزینه انرژی شده و تقاضا برای انرژی را کاهش می‌دهد و این باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود (چن و همکاران^۱، ۲۰۱۹). ونگ و زهو^۲ (۲۰۱۷)، لین و لانگ^۳ (۲۰۱۵) و ژیاولی و همکاران^۴ (۲۰۱۴) نشان می‌دهند که افزایش قیمت انرژی باعث افزایش کارایی انرژی شده است. تکنولوژی‌های ایزاری موثر برای بهبود کارایی انرژی است، مخارج تحقیق و توسعه (R&D) یکی از ابزارهای مهم برای بهبود تکنولوژی است که می‌تواند منجر به افزایش کارایی انرژی شود (لی و ونگ^۵ (۲۰۱۴)، دانگ و همکاران^۶ (۲۰۱۸)، لی و همکاران^۷ (۲۰۱۷)، هی و همکاران^۸ (۲۰۱۸) و شانگ و همکاران^۹ (۲۰۱۹) نشان می‌دهند که افزایش در مخارج تحقیق و توسعه باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود.

1. Chen et al.
2. Wang and Zaho
3. Lin and Long
4. Xiaoli et al.
5. Li and Wang
6. Dong et al.
7. Li et al.
8. He et al.
9. Xiong et al.

تمرکز جغرافیایی صنعت به عنوان شاخصی از ساختار صنعت براساس ادبیات جغرافیای اقتصاد جدید از جمله عوامل موثر بر کارایی انرژی است. تمرکز جغرافیایی صنعت به معنای پراکندگی بنگاهها و واحدهای تولیدی در بین مناطق مختلف کشور و میزان ارتباط واحدهای صنعتی با یکدیگر قابل تعریف است. تمرکز صنعتی به دلیل ایجاد صرفه مقیاس در بهبود زیربنای اقتصادی، شرایط را برای سرریز دانش و تکنولوژی بین واحدهای تولیدی و ایجاد رقابتی موثر در جهت بهره‌وری بالاتر برای کسب سهم بازاری بیشتر را فراهم می‌کند، بنابراین مناطقی که دارای تمرکز بالا هستند، به طور نسبی دارای کارایی بالاتر در تخصیص نهاده‌ها هستند و بنابراین کارایی انرژی بیشتری را نیز تجربه می‌کنند (لیو و همکاران^۱، ۲۰۱۷). اما در شرایطی که تمرکز بالاتر منجر به افزایش قیمت نهاده‌ها از قبیل زمین، کار و انرژی شود، تمرکز منجر به کاهش کارایی انرژی می‌شود (بولهارت و مایسیس^۲، ۲۰۰۸).

در بسیاری از شرایط از قبیل ناهمگن بودن تقاضا در مناطق مختلف و مزیت‌های منطقه‌ای در تامین نهاده‌های تولید، تمرکز صنعتی در نزدیکی بازارهای نهاده و محصول می‌تواند منجر به بهبود کارایی تولید و انرژی شود، چرا که هزینه حمل و نقل به حداقل کاهش یافته است. اما زمانی که استفاده از پتانسیل و ظرفیت مناطق مختلف مدنظر باشد، تقاضا و نیاز به مواد اولیه در سطح کلان همگن باشند، در اینصورت تمرکز پایین‌تر باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود، چرا که تقاضا و مواد اولیه به طور همگن توزیع شده و مزیت منطقه‌ای وجود ندارد. بر همین اساس اثر تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی وابسته به شرایط خاص منطقه‌ای است.

اهمیت افزایش کارایی انرژی برای بهبود کیفیت محیط زیست در کنار توسعه اقتصادی باعث شده است که مطالعات متعددی در این زمینه انجام شود. محمودزاده و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از رهیافت گشتاورهای تعمیم‌یافته و شواهد صنایع ایران

1. Liu et al.
2. Brulhart and Mathys

برای دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۴ نشان می‌دهند که افزایش قیمت انرژی و اندازه صنعت اثر منفی و معناداری را بر شدت انرژی صنایع دارند. شهابی نژاد (۱۳۹۴) با استفاده از شاخص کارایی کل عامل انرژی در دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۷ نشان می‌دهد که متوسط کارایی انرژی کل صنایع بزرگ در ایران برابر با ۰/۴ است. کفایی و آفائیان وش (۱۳۹۵) با استفاده از تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ و داده‌های دوره زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهند که بخش خدمات دارای کمترین کارایی انرژی است. شهابی نژاد (۱۳۹۵) با استفاده از رهیافت تحلیل مرزی تصادفی برای کشورهای آسیایی و دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۱ نشان می‌دهد که کارایی انرژی در ایران برابر با ۰/۴۵ است. کفایی و خسروی (۱۳۹۵) با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ و روش مرزی تصادفی نشان می‌دهند که کارایی انرژی کشور برابر با ۲ درصد است. کفایی و آفائیان وش (۱۳۹۶) در مطالعاتی با استفاده از رهیافت داده‌های تابلویی، نشان می‌دهد که موجودی سرمایه مستقیم خارجی و ارزش افزوده به ترتیب اثر مثبت و منفی بر کارایی انرژی دارد. گلی و صفری (۱۳۹۵) با استفاده از شواهد آماری ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۴ و رهیافت مرزی تصادفی نشان می‌دهند که استان‌های ایلام و بوشهر به ترتیب دارای کمترین و بیشترین کارایی انرژی معادل با ۰/۱۶ و ۰/۴۱ هستند. کریمی تکانلو و همکاران (۱۳۹۵) بر مبنای روش تحلیل پوششی داده‌ها در دوره ۱۳۹۲-۱۳۸۳ نشان می‌دهند که استان‌های بوشهر، سمنان و تهران بیشترین و آذربایجان غربی و ایلام کمترین کارایی انرژی را دارند.

عبادی و همکاران (۱۳۹۷) با کاربرد داده‌های تابلویی نامتوازن برای دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۸ نشان می‌دهند که افزایش رانت منابع طبیعی باعث کاهش کارایی انرژی و افزایش قیمت انرژی باعث افزایش آن می‌شود. داودی و محرابی (۱۳۹۷) با استفاده از شواهد آماری شرکت‌های پتروشیمی بنیاد مستضعفان در دوره ۱۳۹۵-۱۳۸۴ نشان می‌دهند که افزایش قیمت محصول باعث کاهش کارایی انرژی می‌شود، اما افزایش

قیمت انرژی و سرمایه‌گذاری از منابع خارجی باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود. عرب‌مازار و خسروی (۱۳۹۷) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۳ نشان می‌دهند که استان‌های خراسان رضوی و بوشهر به ترتیب دارای کمترین و بیشترین کارایی انرژی هستند.

ناظمی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از شاخص مالِم کوئیسست در دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۲ نشان می‌دهند که کارایی انرژی در استان‌های اصفهان، تهران، بوشهر، ایلام، خراسان رضوی، خوزستان، قزوین، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان افزایش یافته است. فتحی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از تابع کارایی انرژی و الگوی تعمیم یافته سولو و با حل مسئله کنترل بهینه در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۳ نشان می‌دهند که مصرف انرژی در اقتصاد ایران بیش از مقدار بهینه است. مقدار کارایی انرژی از ۰/۸۶ در سال ۱۳۸۷ تا ۰/۸۸ در سال ۱۳۹۳ تغییر کرده است.

لین و یانگ (۲۰۱۳) نشان می‌دهند که کارایی انرژی صنعت حرارتی چین در دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ برابر با ۰/۸۵ است. لین و ونگ (۲۰۱۴) با استفاده از تحلیل مرزی نشان می‌دهند که کارایی انرژی صنعت آهن و فلزات برای دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ برابر با ۰/۶۹۹ است. اوتساوکا و گوتو^۱ (۲۰۱۵) با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی برای اقتصاد ژاپن نشان می‌دهند که چگالی جمعیت باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود. لین و لانگ^۲ (۲۰۱۵) با استفاده از روش تحلیل مرزی تصادفی نشان می‌دهند که کارایی انرژی در صنعت شیمیایی چین برای دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ معادل با ۰/۶۸۹ است. ونگ و همکاران^۳ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای بخش صنعت پکن در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهند که تمرکز بازار و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر مثبت و معناداری بر کارایی انرژی دارد. لیو و لین^۴ (۲۰۱۸)

1. Otsuka and Goto
2. Lin and Long
3. Wang et al.
4. Liu and Lin

نشان می‌دهند که در بخش حمل و نقل چین، استان‌های شرقی دارای بالاترین کارایی انرژی هستند، و شکاف کارایی انرژی بین استان‌ها در حال کاهش بوده است. همچنین اثر ساختار صنعت و قیمت سوخت بر کارایی انرژی مثبت و معنادار است. لیو و همکاران^۱ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های ۲۸۵ شهر برای دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۴ چین نشان می‌دهند که تراکم صنعت می‌تواند کارایی انرژی را افزایش دهد. ایکسی و همکاران (۲۰۱۸) با تحلیل مرزی تصادفی نشان می‌دهند که کارایی انرژی در بخش حمل و نقل چین در دوره زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶ برابر با ۰/۶۷۳ است. لی و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی نشان می‌دهند که شهرنشینی اثر منفی و معناداری را بر کارایی انرژی در دوره زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ دارد. اوپانگ و همکاران^۲ (۲۰۱۸) اثر تحریف قیمت را بر کارایی انرژی در ۳۰ استان چین برای دوره زمانی ۲۰۰۴-۲۰۱۳ مورد بررسی قرار می‌دهند. نتایج مرزی تصادفی نشان می‌دهد که کارایی انرژی برابر با ۰/۷۶ است. هی و همکاران^۳ (۲۰۱۸) با استفاده از شواهد آماری بخش صنعت در استان‌های چین در دوره زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۵ نشان می‌دهد که استان‌های شرقی نسبت به سایر استان‌ها دارای کارایی انرژی بالاتر در بخش صنعت هستند و همچنین شدت تحقیق و توسعه و بهره‌وری نیروی کار باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود. زنگ و لین^۴ (۲۰۱۸) اثر انباشت صنعت را بر کارایی انرژی در صنعت کاغذ چین را بررسی می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که تا زمانی انباشت صنعت کمتر از ۰/۵۴۴ باشد، یک درصد افزایش در انباشت صنعت منجر به افزایش کارایی انرژی به اندازه ۰/۲۳ درصد می‌شود. شن و همکاران^۵ (۲۰۱۸) با استفاده از شواهد آماری ۲۸۵ شهر چین برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۳ نشان می‌دهند که تراکم صنعتی باعث افزایش کارایی انرژی

1. Liu et al.
2. Ouyang et al.
3. He et al .
4. Zheng and Lin
5. Shen et al.

می‌شود. چن و همکاران^۱ (۲۰۱۸) و ونگ و چان^۲ (۲۰۱۰) نشان می‌دهند که به واسطه پیشرفت تکنولوژی، تراکم صنعت منجر به بهبود کارایی انرژی می‌شود.

زهو و لین^۳ (۲۰۱۹) با استفاده از شواهد آماری صنعت نساجی در ۲۸ استان چین برای دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۵ نشان می‌دهند که نوعی رابطه غیرخطی بین انباشت صنعت و کارایی انرژی در این بخش وجود دارد و در سطح پایین‌تر (بالا تر) از آستانه انباشت صنعت، اثر انباشت صنعت بر کارایی انرژی مثبت (منفی) است. اویانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای برای کشور چین در دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۴ نشان می‌دهند که کارایی انرژی در طول دوره کاهش یافته است، نتایج الگوی توبیت نشان می‌دهد که تولید سرانه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مخارج دولت اثر مثبت و معناداری را بر کارایی انرژی دارد. بهیادی و همکاران^۵ (۲۰۱۹) با استفاده از شاخص کارایی انرژی فیزیکی، برای کشور سوئیس در دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ نشان می‌دهند که کارایی انرژی بخش خانوارها به اندازه ۱/۷ درصد و بخش صنعت به اندازه ۱ درصد بهبود یافته است.

مروری کلی بر مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در ایران هیچ پژوهشی، کارایی انرژی در زیربخش‌های صنعتی را برآورد نکرده است، و اثر تمرکز صنعتی بر آن را بررسی نکرده است. به همین دلیل مطالعه حاضر از نظر موضوع، داده‌ها و روش تحقیق جدید بوده و دارای دلالت‌های مفیدی بر نوع ساختار بهینه صنعت در ایران است.

۳. تمرکز صنعتی

بخش اعظمی از نظریه‌های اقتصاد فضا و جغرافیای اقتصادی به تصمیم‌گیری بنگاهها و واحدهای تولیدی برای تعیین مکان فعالیت خود مربوط است. فرض اساسی در نظریه‌های فوق این است که عوامل اقتصادی از جمله بنگاهها و نیروی کار همواره

-
1. Chen et al.
 2. Wang and Chan
 3. Zhao and Lin
 4. Ouyang et al.
 5. Bhadbhade et al.

عقلایی عمل کرده و از اطلاعات در دسترس به صورت کامل و بهینه استفاده می‌کنند. بر همین اساس هر یک از عوامل فوق سعی می‌کنند تا در جریان تصمیم‌گیری خود، مکان بهینه‌ای را برای انجام فعالیت‌های خود انتخاب کنند. هزینه حمل و نقل یکی از پارامترهای مهم در مکان‌یابی و استقرار بنگاهها در یک منطقه است. با کاهش هزینه حمل و نقل در درون یک منطقه و کاهش فاصله یک منطقه با سایر مناطق، منطقه‌ی مورد نظر برای استقرار بنگاهها و فعالیت‌های اقتصادی جذاب می‌شود و موجب خوشه‌ای شدن بنگاهها در یک منطقه می‌شود. زیرا کاهش هزینه حمل و نقل از یک سو سبب می‌شود اندازه بازار بالقوه برای یک منطقه افزایش یابد و آن منطقه برای بنگاههای صنعتی که دارای بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس هستند جذاب خواهد شد و از سوی دیگر بهبود زیرساخت‌های حمل و نقل سبب تقویت ارتباطات بازار بین مناطق و دسترسی بهتر به مواد اولیه می‌شود که به افزایش تمرکز فعالیت‌های اقتصادی می‌انجامد (شهنازی و دهقان شبانی، ۱۳۹۵، ص: ۸۹۰). با توجه به اهمیت توزیع فضایی فعالیت‌های اقتصادی، برای اندازه‌گیری شاخص تمرکز صنعتی (γ) از شاخص تمرکز الیسون-گلیسر^۱ (γ_i) استفاده می‌شود که به صورت رابطه (۱) است، در این رابطه N تعداد کارگاههای صنعتی در هر استان است، s_i سهم منطقه m در تولید صنعت i است و x_i سهم صنعت i از کل تولید است.

$$\gamma_i = \frac{(\sum_i (s_i - x_i)^2) - (1 - \sum_i x_i^2)(1/N)}{(1 - \sum_i x_i^2)(1 - 1/N)} \quad (1)$$

شاخص الیسون-گلیسر، تمام مزیت‌های طبیعی و سرریز ناشی از تمرکز صنعتی را مدنظر قرار داده است، مقدار این به صورت $1 \leq \gamma \leq -1$ است، و مقادیر منفی نشان دهنده عدم تمرکز و مقادیر مثبت نشان دهنده وجود تمرکز است، همچنین $\gamma \geq 0.02$ و $0 \leq \gamma \leq 0.02$ به ترتیب نشانگر تمرکز بسیار بالا و تمرکز خفیف است (مهرگان و همکاران، ۱۳۹۵، ص ۲۲).

۴. کارایی انرژی

یکی از اهداف اصلی تحقیق، برآورد کارایی انرژی زیربخش‌های صنعتی است. برای اندازه‌گیری و برآورد کارایی انرژی مصرفی، دو روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA^۱) و تحلیل مرزی تصادفی (SFA^۲) وجود دارد. هر کدام از روش‌های موجود دارای مزایا و معایبی هستند. عیب اصلی روش ناپارامتری DEA عدم تمایز بین جزء عدم کارایی و جزء خطای آماری است، و تمام جزء خطا را به عنوان عدم کارایی در نظر می‌گیرد. در حالی که روش پارامتری SFA، بین جزء خطای آماری و جزء عدم کارایی مصرف انرژی تمایز قائل شده است، و جزء خطا را از عامل ناکارایی مصرف انرژی تفکیک می‌کند. تعیین شکل تابعی خاص برای عوامل موثر بر عدم کارایی به عنوان عیب اصلی SFA است. چرا که تعیین نادرست شکل تابعی باعث ایجاد خطا در برآورد جزء خطا و ناکارایی مصرف انرژی می‌شود. به دلیل اهمیت بالای تمایز بین جزء خطا و ناکارایی در مصرف انرژی در این مطالعه از روش SFA استفاده می‌شود.

با فرض این که نهاده‌های نیروی کار (L)، انرژی (E) و سرمایه (K) برای تولید (Y) مورد استفاده قرار می‌گیرند. از تابع فاصله انرژی شفارد (DE(L, K, E, Y)) برای برآورد کارایی انرژی استفاده می‌شود. با توجه به این واقعیت که تابع فاصله شفارد همگن از درجه یک از نهاده انرژی است، بنابراین براساس مطالعات زهو و همکاران^۳ (۲۰۱۲) و ایکسی و همکاران^۴ (۲۰۱۸) تابع فاصله انرژی شفارد به صورت رابطه (۲) قابل تعیین است:

$$\begin{aligned} \ln D_E(E_{it}, L_{it}, K_{it}, Y_{it}) = \ln E_{it} + \ln D_E(1, L_{it}, K_{it}, Y_{it}) = \ln E_{it} + \beta_0 + & (2) \\ \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_Y \ln Y_{it} + \beta_T \ln T + \beta_{KL} \ln K_{it} \ln L_{it} + \\ \beta_{KY} \ln K_{it} \ln Y_{it} + \beta_{LY} \ln L_{it} \ln Y_{it} + \beta_{KT} (\ln K_{it} * T) + \beta_{LT} (\ln L_{it} * T) + \\ \beta_{YT} (\ln Y_{it} * T) + \beta_{YY} (\ln Y_{it})^2 + \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \\ \beta_{TT} (T)^2 + v_{it} \end{aligned}$$

1. Data envelopment analysis
2. Stochastic Frontier Analysis
3. Zhou et al.
4. Xie et al.

با منظم کردن رابطه (۲) و با توجه به اینکه $u_{it} = \ln D_E(E_{it}, L_{it}, K_{it}, Y_{it})$ است، لذا معادله مورد استفاده برای برآورد کارایی انرژی به صورت رابطه (۳) است که ضرایب β با روش حداکثر درستنمایی تخمین زده شود.

$$\begin{aligned}
 -\ln E_{it} = & +\beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_Y \ln Y_{it} + \beta_T \ln T + \quad (۳) \\
 & \beta_{KL} \ln K_{it} \ln L_{it} + \beta_{KY} \ln K_{it} \ln Y_{it} + \beta_{LY} \ln L_{it} \ln Y_{it} + \beta_{KT} (\ln K_{it} * T) + \\
 & \beta_{LT} (\ln L_{it} * T) + \beta_{YT} (\ln Y_{it} * T) + \beta_{YY} (\ln Y_{it})^2 + \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \\
 & \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \beta_{TT} (T)^2 + v_{it} - u_{it}
 \end{aligned}$$

در رابطه (۳)، u_i متغیر نامنفی نشان دهنده ناکارایی مصرف انرژی است، β پارامترهای ناشناخته‌ای هستند که باید به وسیله روش حداکثر درستنمایی تخمین زده شود. با استفاده از تخمین حداکثر راستنمایی مقادیر $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ و $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}$ قابل محاسبه است، مقدار γ بین صفر و یک است. اگر مقادیر γ برابر با صفر باشد، آن به معنای عدم وجود ناکارایی انرژی است، و تفاوت بین مقدار بهینه و واقعی انرژی ناشی از v است، و در این صورت برای تخمین تابع مصرف انرژی می‌توان از روش حداقل مربعات معمولی استفاده کرد.

در نهایت با توجه به مطالعات انجام شده، کارایی انرژی در زیربخش‌های صنعت تابعی از نسبت مخارج تحقیق و توسعه، سرمایه انسانی، قیمت انرژی و تمرکز صنعتی است، که به صورت رابطه (۴) قابل تعیین است:

$$effe_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln R\&D_{it} + \beta_2 \ln hum_{it} + \beta_3 \ln conce_{it} + \beta_4 \ln pric_t + \varepsilon_{it} \quad (۴)$$

در معادله (۴)، $effe$ کارایی انرژی برآورد شده به وسیله تابع مرزی تصادفی معادله (۳) در صنعت i در زمان t است، $\ln R\&D$ لگاریتم طبیعی مخارج تحقیق و توسعه سرانه شاغلین، hum نشان دهنده سرمایه انسانی است که به صورت نسبت نیروی کار دارای تحصیلات بالاتر از لیسانس به کل نیروی کار محاسبه شده است، $conce$ شاخص تمرکز فضایی الیسون-گلیسر است و $\ln pric$ لگاریتم طبیعی قیمت انرژی است که به صورت تقسیم مخارج انرژی بر مقدار انرژی محاسبه شده است.

ویژگی اصلی برای کارایی انرژی اندازه‌گیری شده به عنوان متغیر وابسته تحقیق، محدود و پیوسته بودن در بازه صفر تا یک است. به همین دلیل برای تخمین عوامل موثر بر کارایی انرژی از رهیافت الگوی توبیت استفاده می‌شود (ونگ و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، لی و شی^۲ (۲۰۱۳)، لیو و لین^۳ (۲۰۱۸)).

۵. گردآوری و تحلیل داده‌ها

برای گردآوری داده‌های مورد نیاز از نتایج آمارگیری کارگاه‌های صنعتی ۱۰ کارکن و بیشتر برای دوره زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ به تفکیک کدهای آیسیک (ISIC) دو رقمی استخراج شده است. شواهد داده‌ها نشان می‌دهد که مخارج تحقیق و توسعه سرانه در بخش صنعت ایران از مقدار ۲/۲۴ در سال ۱۳۸۶ به مقدار ۲/۸۳ در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است و میزان سرمایه انسانی (سهم نیروی کار دارای تحصیلات عالی در کل نیروی کار) از مقدار ۱۲ درصد در سال ۱۳۸۶ به مقدار ۲۰ درصد در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. بررسی شاخص نسبت مخارج انرژی به مقدار انرژی در جدول (۱) نشان می‌دهد که قیمت انرژی به طور معناداری از مقدار ۴/۷۹ در سال ۱۳۸۶ به مقدار ۶/۲۱ در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است.

جدول (۱). شواهد کلی داده‌های مورد استفاده

۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	
۲/۸۳	۲/۸۶	۲/۶۳	۲/۶۴	۲/۴۱	۲/۴۷	۲/۳۵	۲/۲۶	۲/۲۴	مخارج تحقیق و توسعه
۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۲	سرمایه انسانی
۶/۲۱	۶/۲۳	۶/۰۱	۵/۸۷	۵/۷۲	۵/۲۶	۵/۰۴	۵	۴/۷۹	قیمت انرژی

منبع: یافته‌های پژوهش

1. Wang et al.
2. Li and Shi
3. Liu and Lin

۶. برآورد الگو و تحلیل نتایج

شواهد حاصل از برآورد کارایی انرژی در جدول (۲) نشان می‌دهد که کارایی انرژی در زیربخش‌های صنعت به طور متوسط از میزان ۰/۱۷۶ در سال ۱۳۸۶ به مقدار ۰/۲۶ در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. اگرچه نتایج، بر افزایش کارایی انرژی دلالت دارد، اما واقعیت آن است که کارایی انرژی در بخش صنعت در حد نازلی قرار دارد. براساس برآوردها، میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی در سال ۱۳۸۶، به طور متوسط در زیر بخش‌های صنعت برابر با ۶۵۵۰ هزار بشکه معادل نفت خام و در سال ۱۳۹۴ برابر با ۸۲۱۷ هزار بشکه معادل نفت خام است. در سطح کدهای دو رقمی^۱ ISIC، در طول دوره مورد مطالعه کارایی انرژی در گروه ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی (کد ۲۴) در بیشترین مقدار به ترتیب معادل با ۰/۷۸ و ۰/۷ است و در گروه ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی (کد ۳۰) و بازیافت (کد ۳۷) مقدار کارایی انرژی در کمترین مقدار به ترتیب برابر با ۰/۰۳ و ۰/۰۱ است.

جدول (۲). برآورد کارایی انرژی

کدهای ISIC	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
۱۵	۰/۵۰۸	۰/۵۲۴	۰/۵۴	۰/۵۵۶	۰/۵۷۱	۰/۵۸۶	۰/۶	۰/۶۱۵	۰/۶۲۸
۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۷	۰/۰۳۲	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳	۰/۰۵	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵
۱۷	۰/۲۴۳	۰/۲۵۹	۰/۲۷۶	۰/۲۹۲	۰/۳۰۹	۰/۳۲۷	۰/۳۴۴	۰/۳۶۱	۰/۳۷۸
۱۸	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶	۰/۰۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۳	۰/۰۷۲
۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۷	۰/۰۳۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۱	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵
۲۰	۰/۰۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷
۲۱	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۸۲	۰/۰۹۲	۰/۱۰۲	۰/۱۱۴	۰/۱۲۶	۰/۱۳۸	۰/۱۵۱
۲۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۸	۰/۰۴۵	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۷۶	۰/۰۸۶
۲۳	۰/۱۴۲	۰/۱۵۶	۰/۱۶۹	۰/۱۸۴	۰/۱۹۹	۰/۲۱۴	۰/۲۳	۰/۲۴۶	۰/۲۶۲
۲۴	۰/۶۵۳	۰/۶۶۶	۰/۶۷۸	۰/۶۹۱	۰/۷۰۳	۰/۷۱۴	۰/۷۲۵	۰/۷۳۶	۰/۷۴۶

۱. تناسب بین کدهای ISIC و عنوان هر کد در پیوست مقاله آمده است.

کدهای ISIC	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
۲۵	۰/۱۶۲	۰/۱۷۶	۰/۱۹	۰/۲۰۵	۰/۲۲۱	۰/۲۳۷	۰/۲۵۳	۰/۲۶۹	۰/۲۸۶
۲۶	۰/۷۴۳	۰/۷۵۳	۰/۷۶۳	۰/۷۷۲	۰/۷۸۱	۰/۷۹	۰/۷۹۹	۰/۸۰۷	۰/۸۱۵
۲۷	۰/۵۲	۰/۵۳۶	۰/۵۵۱	۰/۵۶۷	۰/۵۸۲	۰/۵۹۶	۰/۶۱۱	۰/۶۲۵	۰/۶۳۸
۲۸	۰/۱۶۸	۰/۱۸۳	۰/۱۹۷	۰/۲۱۳	۰/۲۲۸	۰/۲۴۴	۰/۲۶۱	۰/۲۷۷	۰/۲۹۴
۲۹	۰/۱۷۲	۰/۱۸۶	۰/۲۰۱	۰/۲۱۷	۰/۲۳۲	۰/۲۴۸	۰/۲۶۵	۰/۲۸۱	۰/۲۹۸
۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۹
۳۱	۰/۱۰۳	۰/۱۱۵	۰/۱۲۷	۰/۱۳۹	۰/۱۵۲	۰/۱۶۶	۰/۱۸	۰/۱۹۵	۰/۲۱
۳۲	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۳
۳۳	۰/۰۳۱	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۸۱	۰/۰۹۱
۳۴	۰/۲۹۳	۰/۳۱	۰/۳۲۷	۰/۳۴۵	۰/۳۶۲	۰/۳۷۹	۰/۳۹۶	۰/۴۱۴	۰/۴۳۱
۳۵	۰/۰۵۱	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۵	۰/۰۹۵	۰/۱۰۶	۰/۱۱۷	۰/۱۲۹
۳۶	۰/۰۵	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۴	۰/۰۹۴	۰/۱۰۵	۰/۱۱۶	۰/۱۲۸
۳۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵
میانگین	۰/۱۷۶	۰/۱۸۵	۰/۱۹۵	۰/۲۰۵	۰/۲۱۵	۰/۲۲۶	۰/۲۳۷	۰/۲۴۹	۰/۲۶

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج تمرکز فضایی صنعتی الیسون-گلیسر در جدول (۳) نشان می‌دهد که شاخص تمرکز صنعتی در زیربخش‌های صنعتی، تغییرات نامنظمی را تجربه کرده است. به این صورت که میانگین تمرکز در سال ۱۳۸۶ برابر با ۰/۰۹۹ و در سال ۱۳۹۴ به مقدار ۰/۱۱ افزایش یافته است. بررسی شاخص تمرکز صنعتی در سطح کدهای دو رقمی نشان می‌دهد که میزان شاخص تمرکز در گروه ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی (کد ۳۰) دارای بیشترین مقدار، برابر با ۰/۳۹۴ است و میزان این شاخص در گروه محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات (۲۸) و گروه ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و محصولات غذایی و آشامیدنی (کد ۱۵) دارای کمترین کارایی انرژی برابر با ۰/۰۳۱ است. با مقایسه دو جدول (۳) و (۲)، می‌توان فرضیه این مطالعه را به این صورت مطرح کرد که هر چه شاخص تمرکز پایین‌تر باشد، کارایی انرژی بالاتر است.

جدول (۳). تمرکز فضایی صنعت

کدهای ISIC	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
۱۵	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۲۷	۰/۰۳۱
۱۶	۰/۰۴۷	۰/۰۹۶	۰/۰۸۵	۰/۲۵۶	۰/۲۴۲	۰/۰۵۱	۰/۳۱	۰/۲۰۴	۰/۰۴۲
۱۷	۰/۰۴۳	۰/۰۵	۰/۰۵۵	۰/۰۶۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۰۴۵	۰/۰۵۶	۰/۰۶۸
۱۸	۰/۰۸۸	۰/۰۹۱	۰/۰۶۸	۰/۰۸	۰/۱۲۷	۰/۱۶۳	۰/۱۵۲	۰/۱۲۲	۰/۱۰۹
۱۹	۰/۰۹۸	۰/۱۰۲	۰/۰۷۶	۰/۰۹۳	۰/۱۷۹	۰/۲۰۸	۰/۱۹۳	۰/۱۵۹	۰/۱۶۶
۲۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۳	۰/۰۷۴	۰/۰۹۲	۰/۱۳۵	۰/۰۴۱
۲۱	۰/۰۴۷	۰/۰۴۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۵۲	۰/۰۹۱	۰/۰۸۵	۰/۰۷۲	۰/۱۱۷
۲۲	۰/۲۰۱	۰/۲۴۲	۰/۲۰۴	۰/۲۳۸	۰/۲۸۱	۰/۲۹	۰/۳۰۹	۰/۲۱۵	۰/۱۵۶
۲۳	۰/۰۵۹	۰/۰۸۷	۰/۱۱۱	۰/۰۷۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵	۰/۰۵۴
۲۴	۰/۱۵۱	۰/۱۶۶	۰/۱۴۷	۰/۱۵۲	۰/۱۹۳	۰/۱۵۵	۰/۱۳۷	۰/۱۴۵	۰/۱۳۹
۲۵	۰/۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۴	۰/۰۶۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶
۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۳	۰/۰۴۵
۲۷	۰/۱۶۴	۰/۱۸۴	۰/۱۷۱	۰/۱۴۳	۰/۱۴	۰/۰۷۶	۰/۱۰۳	۰/۱۰۳	۰/۱۰۸
۲۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	۰/۰۱۷	۰/۰۳۳	۰/۰۵۷	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۵۶
۲۹	۰/۰۴۹	۰/۰۳۶	۰/۰۳۸	۰/۰۵۳	۰/۰۷	۰/۱۱۴	۰/۰۷	۰/۰۵۶	۰/۰۶۹
۳۰	۰/۴۱۶	۰/۳۳	۰/۳۰۹	۰/۳۲۹	۰/۲۶	۰/۴۵۲	۰/۵۳۱	۰/۴۷۹	۰/۴۳۹
۳۱	۰/۰۵۴	۰/۰۷۶	۰/۰۶۱	۰/۰۵۶	۰/۱۱	۰/۰۹۷	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۸۴
۳۲	۰/۲۴	۰/۲۵۳	۰/۲۳	۰/۲۴۸	۰/۲۰۶	۰/۳۷۶	۰/۳۵۴	۰/۳۹۵	۰/۲۵۸
۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۵۸	۰/۰۲۵	۰/۰۵۳	۰/۰۶	۰/۱۳۱	۰/۱۰۴	۰/۰۸۷	۰/۰۹۶
۳۴	۰/۲۹	۰/۳۰۱	۰/۲۶۲	۰/۲۸۲	۰/۲۴۲	۰/۱۷۲	۰/۲۲۹	۰/۲۷۳	۰/۱۷۷
۳۵	۰/۰۷۲	۰/۱۱۱	۰/۰۷۷	۰/۰۷۱	۰/۰۶۹	۰/۰۸۹	۰/۱۵۵	۰/۰۷۴	۰/۱۰۱
۳۶	۰/۰۵	۰/۰۵۳	۰/۰۴۱	۰/۰۴۵	۰/۰۷۹	۰/۱۰۱	۰/۰۹۶	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱
۳۷	۰/۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۵۱	۰/۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲	۰/۰۴۷
میانگین	۰/۰۹۹	۰/۱۰۶	۰/۰۹۵	۰/۱۰۷	۰/۱۱۳	۰/۱۲۸	۰/۱۴۱	۰/۱۲۷	۰/۱۱

منبع: یافته‌های پژوهش

برای بررسی اثر تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی در بخش صنعت از رهیافت توبیت استفاده می‌شود. با توجه به اینکه دوره زمانی مورد مطالعه نسبتاً محدود بوده و متغیرهای مورد استفاده به صورت نسبی و هموار هستند، تمام آنها در سطح مانا

هستند. همچنین نتایج آزمون نسبت راستنمایی^۱ برای انتخاب بین رگرسیون داده‌های تابلویی توبیت و ترکیبی در جدول (۴) نشان می‌دهد که رگرسیون داده‌های تابلویی به روش تصادفی بر الگوی ترکیبی ترجیح دارد، چرا که نسبت واریانس جزء داده‌های تابلویی به کل واریانس برابر با $98/3$ درصد است. این نشان دهنده اهمیت بالای ناهمگنی بین صنایع در جزء خطا است. در نهایت مقدار آماره نسبت راستنمایی برابر با $642/71$ است که در سطح خطای یک درصد معنادار است، بنابراین از الگوی داده‌های تابلویی توبیت با روش اثرات تصادفی استفاده می‌شود.

برآورد الگوی توبیت با تابع چگالی نرمال استاندارد در جدول (۴) نشان می‌دهد که تغییرات شاخص تمرکز صنعتی اثر منفی و معناداری را بر کارایی انرژی دارد، به این صورت که کاهش تمرکز فعالیت‌های صنعتی در بین استان‌های کشور منجر به افزایش در کارایی انرژی می‌شود. هر چه صنایع در استان‌های مختلف براساس مزیت نسبی توزیع شوند، به ازای سطح ثابتی از تولید، انرژی کمتری مصرف می‌شود و بنابراین کارایی انرژی افزایش می‌یابد. در واقع ساختار صنعت مبتنی بر تمرکز پایین‌تر، یکی از مولفه‌های مهم تاثیرگذار بر کارایی انرژی است. منفی بودن اثر تمرکز صنعتی نشان دهنده اهمیت مزیت طبیعی مناطق و توجه به ظرفیت‌های هر منطقه و همچنین همگن بودن تقاضا در بخش صنعت است.

اما اثر قیمت انرژی بر کارایی انرژی نشان می‌دهد که هر چه میزان قیمت انرژی افزایش یابد، کارایی انرژی به طور معناداری افزایش می‌یابد. طوری که یک درصد افزایش در قیمت انرژی، کارایی انرژی به اندازه $0/055$ درصد افزایش می‌یابد. افزایش در قیمت انرژی، تولیدکنندگان را به سمت بهبود کارایی انرژی یا به عبارتی کاهش مصرف انرژی به ازای سطح ثابتی از تولید وادار می‌کند، که این مورد با بهبود در تکنولوژی تولید و جایگزینی نهاده‌های با انرژی‌بری پایین امکان‌پذیر است. همچنین قیمت انرژی

۱. فرضیه صفر آزمون نسبت راستنمایی معادل عدم تمایز بین روش تصادفی و ترکیبی است.

بالاتر موجب پذیرش فناوری‌هایی می‌شود که از سهم بالاتری از سرمایه و کار استفاده می‌کنند. بنابراین بهره‌وری عوامل کار و سرمایه کاهش می‌یابد، در حالی که بهره‌وری نهایی انرژی افزایش می‌یابد، به طور کلی قیمت انرژی بالاتر منجر به پذیرش فناوری‌هایی با کارایی انرژی بالاتر می‌شود. بعلاوه ارتباط مشخصی بین تغییر در قیمت انرژی و پیشرفت‌ها و نوآوری‌های تکنولوژیکی وجود دارد (متکالف^۱، ۲۰۰۸).

مخارج تحقیق و توسعه موثر در اقتصاد نقش بسزایی در ایجاد و توسعه فرآیندهای تولیدی نوین دارد، که به واسطه ابداع تکنولوژی نوین تولیدی تحقق می‌یابد. اقتصادهای مبتنی بر تحقیق و توسعه پویا همواره به واسطه کاهش هزینه‌های تولید و ارائه محصول باکیفیت در بازارهای جهانی دارای موقعیت انحصاری هستند. برآوردها در این مطالعه نیز نشان می‌دهد که مخارج تحقیق و توسعه اثر مثبت و معناداری را بر کارایی انرژی دارد، به این صورت که با افزایش یک درصد در مخارج تحقیق و توسعه سرانه، میزان کارایی انرژی به اندازه ۰/۱۲۶ درصد افزایش می‌یابد و این اثر در سطح خطای یک درصد معنادار است. در جهت افزایش ضریب اثر مخارج تحقیق و توسعه دو نکته دارای اهمیت است، اول اینکه فرآیند بوروکراسی اداری تخصیص مخارج تحقیق و توسعه به پروژه‌های تولید باید کاهش یابد چرا که همواره مقداری هدررفت منابع در چنین فرآیندهای طولانی وجود دارد. دوم اینکه مخارج تحقیق و توسعه به پروژه‌هایی تخصیص یابد که منجر به ابداع تکنولوژی‌هایی شود که نسبت به تکنولوژی موجود برتر و قابلیت کاربرد در فرآیندهای تولیدی را داشته باشند و دارای آثار واقعی بر فرآیندهای تولیدی باشند، که این مورد به واسطه مجریانی متخصص قابل دستیابی است.

سرمایه انسانی یکی از متغیرهایی است که نشان دهنده تطابق بین مهارت نیروی کار و تکنولوژی نوین تولیدی است. هر چه سرمایه انسانی بالاتر باشد، سرعت تطابق نیز افزایش می‌یابد. بنابراین نرخ پذیرش تکنولوژی جدید تولیدی و همچنین یادگیری

1. Metcalf

فرآیندهای نوین تولیدی به سهولت امکان پذیر است و این مورد باعث افزایش کارایی فرآیندهای تولیدی و به خصوص کارایی انرژی می شود. برآوردها نشان می دهد که با افزایش یک درصد در سرمایه انسانی، میزان کارایی انرژی به اندازه ۰/۵۶۲ درصد افزایش می یابد و این اثر در سطح خطای ۱۰ درصد معنادار است. بهبود کیفیت سرمایه انسانی از جانب نظام آموزشی عالی کشور و ایجاد نوعی ارتباط قوی بین صنعت و دانشگاه از مهمترین سیاستها برای افزایش اثرگذاری سرمایه انسانی بر کارایی انرژی است.

جدول (۴): برآورد الگوی توبیت

متغیر	ضریب	مقدار احتمال
قیمت انرژی	۰/۰۵۵	۰/۰۲۸
تمرکز صنعتی	-۰/۴۲۲	۰/۰۲۲
مخارج تحقیق و توسعه	۰/۱۲۶	۰/۰۰
سرمایه انسانی	۰/۵۶۲	۰/۰۶
عرض از مبدا	۰/۴۱۷	۰/۰۰۲
Likelihood ratio=642.71		prob=0.00
Rho ¹ =0.983		

منبع: یافته های پژوهش

۷. نتیجه گیری و پیشنهادات

بخش صنعت از یک طرف موتور رشد اقتصادی است و از طرف دیگر به ازای هر واحد تولید، نسبت به سایر بخش های اقتصادی دارای انرژی ببری بالا و ضریب بالاتر در انتشار آلاینده ها است. بنابراین برای برخورداری از مزیت توسعه صنعت و همچنین تامین اهداف توسعه پایدار، بهبود کارایی انرژی لازم و ضروری است. ساختار صنعت یکی از عواملی است که می تواند نقش بسزایی را در کارایی انرژی داشته باشد. نتایج حاصل از برآورد کارایی انرژی نشان می دهد که در دوره مورد مطالعه، کارایی انرژی افزایش یافته است و تمرکز فضایی صنعت در دوره های پایانی مطالعه افزایش یافته است. برآورد

1. نسبت واریانس جزء خطای داده های تابلویی به کل واریانس جزء خطا است

الگوی توبیت نشان می‌دهد که قیمت انرژی، سرمایه انسانی و مخارج تحقیق و توسعه اثر مثبت و معنادار، و ساختار صنعت اثر منفی و معناداری را بر کارایی انرژی دارد. اثر منفی تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی نشان می‌دهد که تقاضا و نیاز به مواد اولیه صنعت در سطح کلان کشور به صورت همگن است و برای افزایش کارایی انرژی باید بر ظرفیت و پتانسیل مناطق متعدد تمرکز نمود. دلیل دوم اثر منفی تمرکز صنعتی بر کارایی انرژی ناشی از واقعیتی است که تمرکز صنعتی در ایران منجر به بهره‌برداری از صرفه مقیاس نمی‌شود و با تمرکز، نوآوری ایجاد نمی‌شود، که این ناشی از ایستا بودن صنعت ایران و به طور کلی توسعه نیافتگی آن است. در واقع صنعت در کشور درونزا نیست که به طور پویا، در آن نوآوری ایجاد شود. براساس نتایج برآوردها، تمرکز بر مزیت نسبی هر منطقه در توسعه زیربخش‌های صنعتی می‌تواند به عنوان سیاستی موثر برای بهبود کارایی انرژی مطرح باشد. علاوه بر این ارائه سیستم کارای آموزشی در سطح عالی که متناسب با نیاز صنعت باشد و همچنین هدایت منابع مالی (مخارج تحقیق و توسعه) به سمت تولید تکنولوژی‌های نوین در جهت درونزا کردن صنعت گامی موثر برای بهبود کارایی انرژی در بخش صنعت است، که در این صورت بهره‌برداری از مزیت‌های مهم صنعت در جهت کاهش بیکاری و افزایش رفاه اقتصادی فراهم می‌شود.

پیوست (۱). کدهای آیسیک و عنوان آنها

کد ISIC	عنوان ISIC	کد ISIC	عنوان کد ISIC	کد ISIC	عنوان کد ISIC
۳۱	ماشین آلات و دستگاه‌های برقی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۲۳	کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و..	۱۵	محصولات غذایی و آشامیدنی‌ها
۳۲	ساخت رادیو و تلویزیون، دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی	۲۴	مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی	۱۶	توتون و تنباکو
۲۳	ساخت ابزار پزشکی، ابزار اپتیکی، ابزار دقیق و انواع ساعت	۲۵	محصولات از لاستیک و پلاستیک	۱۷	ساخت منسوجات

۳۴	ساخت وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر	۲۶	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۱۸	پوشاک، عمل آوری و رنگ کردن خز
۳۵	ساخت سایر تجهیزات حمل و نقل	۲۷	ساخت فلزات اساسی	۱۹	دباغی و پرداخت چرم و سایر
۳۶	مبلمان و مصنوعات طبقه بندی نشده در جای دیگر	۲۸	محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	۲۰	ساخت چوب و محصولات چوبی
۳۷	بازیافت	۲۹	ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده در جای دیگر	۲۱	کاغذ و محصولات کاغذی
		۳۰	ساخت ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی	۲۲	انتشار، چاپ و تکثیر رسانه های ضبط شده

منابع:

- Arabmazar, A., & Khosravi, A. (2018). Industrial Energy Productivity Disparities by Iran Provinces. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, 4(10), 41-66. (In persian)
- Bhadbhade, N., Yilmaz, S., Zuberi, J. S., Eichhammer, W., & Patel, M. K. (2020). The evolution of energy efficiency in Switzerland in the period 2000–2016. *Energy*, 191, 116526.
- Brühlhart, M., & Mathys, N. A. (2008). Sectoral agglomeration economies in a panel of European regions. *Regional Science and Urban Economics*, 38(4), 348-362.
- Chen, C., Huang, J., Chang, H., & Lei, H. (2019). The effects of indigenous R&D activities on China's energy intensity: A regional perspective. *Science of The Total Environment*, 689, 1066-1078.
- Chen, D., Chen, S., & Jin, H. (2018). Industrial agglomeration and CO2 emissions: Evidence from 187 Chinese prefecture-level cities over 2005–2013. *Journal of cleaner production*, 172, 993-1003.
- Dong, K., Sun, R., Hochman, G., & Li, H. (2018). Energy intensity and energy conservation potential in China: a regional comparison perspective. *Energy*, 155, 782-795.
- Ebadi Z, hosseinpour F, hallafi H, saeidi N. (2018). Investigating the Effect of Oil and Gas Resources Abundance on Energy Efficiency in Rentier States. *Quarterly Energy Economics Review*. 14 (57) :201-234. (In Persian).
- Fathi, B., Khodaparast, M., Homayonifar, M., & Sajjadifar, H. (2019). Presentation of Energy Efficiency Model in Iranian Economy Using

- Dynamic Optimization Approach. *Quarterly Journal of Applied Economics Studies in Iran (AESI)*, 8(29), 97-121 (In Persian).
- Goli, Y., & Safari, M. (2016). Estimation of Energy Efficiency and Factor Affecting on it's in Iran Province (Tobit approach), *Economic Research Journal of Rahbord*, 5(17), 107-127 (In Persian).
 - He, Y., Liao, N., & Zhou, Y. (2018). Analysis on provincial industrial energy efficiency and its influencing factors in China based on DEA-RS-FANN. *Energy*, 142, 79-89.
 - Kafaie, M., & khosravi, A. (2016). Energy efficiency in Iran's provincial with stochastic frontier production function method. *Quarterly Energy Economics Review*, 12(50), 101-128 (In Persian).
 - Kafaie, M., & Nejadaghaeianvash, P. (2016). Estimation and Comparison of Energy Efficiency in Iran's Economic Sectors. *Journal of Economics and Modeling*, 7(27), 97-122 (In Persian).
 - Kafaie, S.M.A., & Nejadaghaeianvash, P. (2017). Identifying the Factors that Effect Sectoral Energy Efficiency in the Iranian Economy. *Quarterly Energy Economics Review*, 13 (52),1-34 (In Persian).
 - Kaldor, N. (1966). *Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom: an inaugural lecture*. Cambridge University Press.
 - Karimi Takanlo, Z., Sadeghi, K., porabdollahian, M., & Mousavian, M. (2017). An Appraisal of Spatial club convergence of Iran's province-level industrial energy efficiency. *Quarterly Energy Economics Review*. 12 (51) :151-179 (In Persian).
 - Kopidou, D., Tsakanikas, A., & Diakoulaki, D. (2016). Common trends and drivers of CO2 emissions and employment: a decomposition analysis in the industrial sector of selected European Union countries. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4159-4172.
 - Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of political economy*, 99(3), 483-499.
 - Li, H., & Shi, J. F. (2014). Energy efficiency analysis on Chinese industrial sectors: an improved Super-SBM model with undesirable outputs. *Journal of cleaner production*, 65, 97-107.
 - Li, M. J., He, Y. L., & Tao, W. Q. (2017). Modeling a hybrid methodology for evaluating and forecasting regional energy efficiency in China. *Applied Energy*, 185, 1769-1777.
 - Lin, B., & Long, H. (2015). A stochastic frontier analysis of energy efficiency of China's chemical industry. *Journal of Cleaner Production*, 87, 235-244.
 - Lin, B., & Wang, X. (2014). Exploring energy efficiency in China 's iron and steel industry: A stochastic frontier approach. *Energy Policy*, 72, 87-96.
 - Lin, B., & Yang, L. (2013). The potential estimation and factor analysis of China' s energy conservation on thermal power industry. *Energy Policy*, 62, 354-362.

-
- Liu, J., Cheng, Z., & Zhang, H. (2017). Does industrial agglomeration promote the increase of energy efficiency in China? *Journal of Cleaner Production*, 164, 30-37.
- Liu, W., & Lin, B. (2018). Analysis of energy efficiency and its influencing factors in China's transport sector. *Journal of Cleaner Production*, 170, 674-682.
- Mahmoudzadeh, M., Sadeghi, S., & Sadeghi, S. (2013). The investigating of industries Characteristic on Energy Intensity in Iranian Producing Industries. *Journal of Economics and Modeling*, 3(11-12), 174-191.(in Persian)
- Mehrabi, S., & davoodi, S.M.R. (2019). Prediction of Efficiency and Factors Affecting Energy Use in the Framework of a Dynamics Model System: A Case Study of Mostazafan Foundation Owned Petrochemical Companies. *Quarterly Energy Economics Review*, 14(59), 185-211.
- Mehregan, N., Fotros, M.H., Gholizadeh, A.A., & Teymourei, Y. (2016). Estimating Spatial Concentration of Industry and Effective Factors on It Between Provinces of Iran. *Journal of Economic Modeling Research*, 6 (24),7-40. (In Persian).
- Metcalf, G.E. (2008). an empirical analysis of energy intensity and its determinants at the state level, *Energy Journal*, 29(3), 1-26.
- Nazemi, A., Karimi, F., Mamipoor, S., & Feshari, M.(2019). Energy Efficiency in Iran Provinces: DEA Approach. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, 5(14), 103-142.
- Otsuka, A., & Goto, M. (2015). Estimation and determinants of energy efficiency in Japanese regional economies. *Regional Science Policy & Practice*, 7(2), 89-101.
- Ouyang, X., Wei, X., Sun, C., & Du, G. (2018). Impact of factor price distortions on energy efficiency: Evidence from provincial-level panel data in China. *Energy policy*, 118, 573-583.
- ShahabiNejad, V. (2016). Comparative analysis of the energy efficiency of Iran province's large industries using data envelopment analysis in the period 2008-2011. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 4(16), 157-178. (in Persian).
- Shahabinejad, V. (2016). Measuring Total-factor energy efficiency and energy saving potential in Asian economies: application of Stochastic Frontier Analysis. *Quarterly Energy Economics Review*. 12 (49), 201-224. (In Persian).
- Shahnazi, R., & dehghan shabani, Z. (2016). Effects of Transportation Infrastructure on Industrial Activities Concentration in Iranian Provinces, *Journal of Economic Research*, 51(4), 887-908. (In Persian).
- Shen, N., Zhao, Y., & Wang, Q. (2018). Diversified Agglomeration, Specialized Agglomeration, and Emission Reduction Effect—A Nonlinear Test Based on Chinese City Data. *Sustainability*, 10(6), 2002.

- Wang, H. N., & Chen, Y. Y. (2010). Industrial Agglomeration and Industrial Energy Efficiency: Empirical Analyses Based on 25 Industries in China [J]. *Journal of Finance and Economics*, 9, 69-79.
- Wang, J. M., Shi, Y. F., & Zhang, J. (2017). Energy efficiency and influencing factors analysis on Beijing industrial sectors. *Journal of Cleaner Production*, 167, 653-664.
- Wang, J., & Zhao, T. (2017). Regional energy-environmental performance and investment strategy for China's non-ferrous metals industry: a non-radial DEA based analysis. *Journal of cleaner production*, 163, 187-201.
- Wang, J.M., Shi, Y. F., & Zhang, J. (2017). Energy efficiency and influencing factors analysis on Beijing industrial sectors. *Journal of Cleaner Production*, 167, 653-664.
- Xiaoli, Z., Rui, Y., & Qian, M. (2014). China's total factor energy efficiency of provincial industrial sectors. *Energy*, 65, 52-61.
- Xie, C., Bai, M., & Wang, X. (2018). Accessing provincial energy efficiencies in China's transport sector. *Energy Policy*, 123, 525-532.
- Xiong, S., Ma, X., & Ji, J. (2019). The impact of industrial structure efficiency on provincial industrial energy efficiency in China. *Journal of cleaner production*, 215, 952-962.
- Zhang, N., Zhou, P., & Choi, Y. (2013). Energy efficiency, CO2 emission performance and technology gaps in fossil fuel electricity generation in Korea: A meta-frontier non-radial directional distance function analysis. *Energy Policy*, 56, 653-662.
- Zhao, H., & Lin, B. (2019). Will agglomeration improve the energy efficiency in China's textile industry: Evidence and policy implications? *Applied energy*, 237, 326-337.
- Zheng, Q., & Lin, B. (2018). Impact of industrial agglomeration on energy efficiency in China's paper industry. *Journal of cleaner production*, 184, 1072-1080.
- Zhou, P., Ang, B.W., & Zhou, D.Q. (2012). Measuring economy-wide energy efficiency performance: a parametric frontier approach. *Applied Energy*, 90(1), 196-200.

The Effect of Industrial Concentration on Energy Efficiency in Iranian Industrial Sector

Younes Goli (Ph.D)*
Leila Argha (Ph.D)**
Yousef Mehnatfar (Ph.D)***

Received:
10/06/2019

Accepted:
16/11/2020

Abstract

One of the key issues in the development of the industrial sector is to increase energy efficiency to improve the quality of the environment. On this issue, the study uses industrial sector data of two-digit ISIC codes for the period of 2007-2015 to estimate energy efficiency of sub-sectors of industry and evaluates the effect of industrial concentration on it. The results show that recycling has lowest energy efficiency equals to 0.01 and Manufacture of other non-metallic mineral products has highest energy efficiency which is equal to 0.78. Also, the Manufacture of fabricated metal products, Manufacture of other non-metallic mineral products and Manufacture of food products and beverages have lowest spatial concentration index equal to 0.031 and Manufacture of office, accounting and computing machinery in highest level is 0.394. The results of the Tobit estimation show that industrial concentration has negative effect on energy efficiency, and R&D expenditure, energy prices and human capital have a positive and effect on energy efficiency. The allocations of R&D expenditures to identify novel production processes, improve the quality of human capital and distributing industrial activities in provinces basic on relative advantages are effective policies to increase energy efficiency.

Keywords: *Energy Efficiency, Tobit, Industrial Concentration.*

JEL Classification: *L16, O25, P28.*

* Ph.D in Economics, Faculty of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: younes.goli67@gmail.com

** Ph.D in Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, (Corresponding Author),

Email: Leilaargha95@gmail.com

*** Associate Professor of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran, E-Mail: y.mehnatfar@umz.ac.ir