

بررسی اثر صنعتی‌شدن و شهرنشینی بر کارایی انرژی در استان‌های

ایران (رهیافت اقتصادسنجی فضایی)

یونس گلی^{*۱}

یوسف محنت‌فر^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵

چکیده

بهبود کارایی انرژی از جمله سیاست‌ها برای کاهش اثرات جانبی منفی توسعه اقتصادی است. در همین راستا مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های در سطح استانی برای دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ به برآورد و بررسی عوامل موثر بر کارایی انرژی می‌پردازد. نتایج حاصل از روش مرزی تصادفی نشان می‌دهد که استان‌های بوشهر و ایلام به ترتیب دارای بیشترین و کمترین کارایی انرژی معادل ۰/۴۱ و ۰/۱۶ هستند. نتایج حاصل از اقتصادسنجی فضایی نشان می‌دهد که نوعی اثرات سرریز مثبت کارایی انرژی بین استان‌ها وجود دارد، همچنین اثرات مستقیم صنعتی‌شدن و چگالی جمعیت بر کارایی انرژی مثبت و معنی‌دار و اثر سرریز آن‌ها منفی و معنی‌دار است. همچنین اثرات مستقیم شهرنشینی و درآمد سرانه بر کارایی انرژی منفی است و اثرات سرریز شهرنشینی بر کارایی انرژی مثبت و معنی‌دار است.

واژه‌های کلیدی: کارایی انرژی، صنعتی‌شدن، شهرنشینی، اقتصاد سنجی فضایی.

Keywords: Energy Efficiency, Industrialization, Urbanization, Spatial Econometric.

JEL Classification: C24, O13, O14, P28.

۱- مقدمه

دستیابی به اهداف توسعه پایدار یکی از مهم‌ترین اهداف اقتصادی کشورها است. توسعه پایدار، توسعه‌ای است که نیازهای فعلی بشر را برآورده سازد، بدون اینکه به توانایی نسل بعد برای برآوردن احتیاجات آن‌ها آسیبی وارد نماید (موری و کریستودولو،^۱ ۲۰۱۱: ۲). در واقع بر اساس تعریف توسعه پایدار، حفاظت از محیط زیست یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار است (آدامز،^۲ ۲۰۰۸: ۱۸۱) و این به معنی دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر همراه با بهبود در کیفیت محیط زیست است. وجود ناسازگاری بین سیاست‌های اقتصادی از جمله واقعیت‌هایی است که همواره مورد توجه قرار می‌گیرد به این صورت که افزایش رشد اقتصادی همواره دارای اثرات جانبی منفی 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 انرژی سوخت‌های فسیلی افزایش یابد، کیفیت محیط زیست کاهش می‌یابد. در همین راستا بهبود کارایی مصرف انرژی یا به عبارتی کاهش مصرف انرژی به ازای سطح ثابتی از تولید برای کاهش اثرات جانبی منفی سیاست‌های متمرکز بر رشد اقتصادی، از اهمیت بالایی برخوردار است.

ساختار تولید در اقتصاد از قبیل صنعتی شدن و همچنین نرخ شهرنشینی از جمله عواملی هستند، که بسته به ساختار اقتصاد ممکن است آثار متفاوتی را بر کارایی انرژی داشته باشند. صنعتی شدن از یک طرف بر اساس نظریه کالدور^۳ (۱۹۶۶)، موتور رشد اقتصادی است و باعث افزایش سطح رفاه می‌شود، از طرف دیگر به دلیل انرژی‌بری بالا، بخش صنعت نقش بسزایی را در افزایش انتشار آلاینده‌ها دارد (کوپیدو و همکاران^۴، ۲۰۱۶). بنابراین توسعه بخش صنعت از یک طرف باعث افزایش تولید و بنابراین افزایش کارایی انرژی می‌شود و از طرف دیگر، به ازای یک واحد افزایش در تولید صنعت در مقایسه با سایر بخش‌ها، مصرف انرژی بیشتر افزایش یافته و کارایی مصرف انرژی کاهش می‌یابد. لذا اثر نهایی صنعتی شدن بر کارایی انرژی به سطح تکنولوژی تولید وابسته است و هر چه سطح تکنولوژی تولید بالاتر باشد، اثر افزایش تولید بر افزایش مصرف انرژی غالب بوده و کارایی انرژی مصرفی افزایش می‌یابد.

1. Mori & Christodoulou (2011)

2. Adams (2008)

3. Kaldor (1966)

4. Kopidou (2016)

افزایش شهرنشینی به عنوان پیامد توسعه اقتصادی اجتناب‌ناپذیر است. بر اساس نظریه تراکم شهری، افزایش شهرنشینی از یک طرف موجب بهره‌برداری از صرفه‌های مقیاس برای زیرساخت‌های عمومی شهری شده و در نهایت منجر به کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی مصرف انرژی می‌شود (برتون^۱، ۲۰۰۰). از طرف دیگر ممکن است به دلیل نبود زیرساخت‌های مناسب شهری، تراکم بالای شهری باعث کاهش کارایی مصرف انرژی شود (بورگس^۲، ۲۰۰۰). بنابراین کیفیت زیرساخت‌های شهری نقش بسزایی را در اثر شهرنشینی بر کارایی مصرف انرژی ایفا می‌کند. هر چه زیرساخت‌های شهری از وضعیت مطلوبی برخوردار باشند، کارایی انرژی افزایش و در غیر این صورت کارایی مصرف انرژی کاهش می‌یابد.

به طور کلی سوال مطالعه حاضر به این صورت قابل طرح است که آیا توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن در سال‌های اخیر در ایران در راستای افزایش کارایی انرژی بوده است یا خیر. ساختار مطالعه به این صورت است که ابتدا در قسمت دوم مبانی نظری، در قسمت سوم پیشینه مطالعات انجام شده و در قسمت چهارم روش تحقیق مطالعه ارائه می‌شود. سپس در قسمت پنجم، به نحوه گردآوری داده‌ها و تحلیل آن‌ها و در قسمت ششم به برآورد مدل و در نهایت در قسمت هفتم به ارائه نتیجه‌گیری و پیشنهادات تحقیق پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری

افزایش رشد اقتصادی به همراه بهبود کیفیت زندگی یکی از مباحث مد نظر بسیاری از نظریه پردازان بوده است، با افزایش رشد اقتصادی نیاز به انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید افزایش می‌یابد، و با افزایش مصرف انرژی، انتشار آلاینده‌ها افزایش یافته و کیفیت محیط زیست و به عبارتی رفاه جامعه کاهش می‌یابد. در واقع جزئی از مصرف انرژی برای رشد اقتصادی اجتناب‌ناپذیر است و جزئی از مصرف انرژی به دلیل ساختارهای نامطلوب اقتصادی است که باعث افزایش ناکارایی در مصرف انرژی می‌شود. هدف سیاست‌گذاران ایجاد ساختارهای بهینه برای کاهش مصرف انرژی ناشی از ساختارهای نامطلوب اقتصادی است. شهرنشینی و صنعتی شدن از جمله ساختارهایی هستند که می‌توانند نقش بسزایی را در تغییر کارایی انرژی داشته باشند.

1. Burton (2000)

2. Burgess (2000)

لویس^۱ (۱۹۵۴ و ۱۹۸۰) و کالدور (۱۹۶۶) معتقدند گسترش بخش صنعت، نیروی محرک رشد اقتصادی و افزایش بهره‌وری در دیگر بخش‌ها است (کریمی و کشاورزی، ۱۳۹۰). صنعت به عنوان محمل تحولات تکنولوژی، از طریق ایجاد و اختراع ابزارهای نوین تولید، بهره‌وری را در بخش‌های دیگر اقتصاد نیز افزایش می‌دهد. اهمیت بالای بخش صنعت در فرآیندهای رشد اقتصادی ناشی از واقعیتی است که توسعه در کشورهای توسعه یافته به طور عموم با صنعتی شدن تحقق یافته است. در کشورهای در حال توسعه نیز کارایی و بهره‌وری در بخش صنعت به میزان قابل ملاحظه‌ای از بخش کشاورزی بیشتر است به خصوص آن‌که صنعت توانسته است کارایی سایر بخش‌ها را نیز افزایش دهد (چنری و همکاران^۲، ۱۹۸۶). همچنین بخش تولیدی فرصت‌های خاصی را برای پیشرفت تکنولوژی فراهم می‌کند که منجر به بهبود در شیوه‌های تولید می‌شود. این پیشرفت‌ها عمدتاً از بخش صنعت و به خصوص صنایع کارخانه‌ای شروع شده و به سایر بخش‌ها گسترش می‌یابند. این‌که چگونه تکنولوژی به سایر بخش‌ها تسری می‌یابد به پیوندهای پسین و پیشین مربوط است که این پیوندها در بخش صنعت قوی‌تر از سایر بخش‌ها هستند.

سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های جدید و افزایش بهره‌وری نیروی کار موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. لذا مدرنیزه کردن فرآیند تولید، به کیفیت برتر محصول، افزایش تولید محصول، ذخیره نیروی انسانی و در نهایت کارایی بالاتر انرژی، منجر می‌شود. به طور کلی، مصرف انرژی در بخش صنعت به سطح فعالیت‌های اقتصادی و کارایی تجهیزات مصرف‌کننده انرژی بستگی دارد. هر چه سطح فعالیت‌های اقتصادی بالاتر رود، مصرف انرژی افزایش می‌یابد، اما می‌توان با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته و افزایش کارایی تجهیزات و وسایل مصرف‌کننده انرژی، مصرف انرژی در این بخش را کاهش داد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۷).

به موازات توسعه بخش صنعت و رشد اقتصادی، شهرنشینی به عنوان یکی از پدیده‌های جمعیتی توسعه می‌یابد، و شهرنشینی پیامد توسعه اقتصادی است (جونز^۳، ۱۹۹۱). به عبارتی صنعتی شدن باعث مهاجرت نیروی کار از بخش کشاورزی و روستایی به بخش صنعتی و شهری می‌شود. در سال‌های اخیر پیامدهای شهرنشینی و اثرات قابل ملاحظه آن بر مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست به عنوان یکی از مسائل مهم مورد توجه بوده است. نظریه تراکم شهری از جمله نظریات

^۱ Lewis (1954, 1980)

^۲ Chenery et al (1986)

^۳ Jones (1991)

ارائه شده در زمینه اثر شهرنشینی بر مصرف انرژی است، که می‌توان آن را به کارایی انرژی مربوط دانست. این نظریه مزایای زیست محیطی ناشی از تراکم شهری را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد، با این استدلال که تراکم بالای شهری موجب بهره‌برداری از صرفه‌های مقیاس برای زیرساخت‌های عمومی شهری (به عنوان مثال، حمل و نقل عمومی، مدارس و عرضه آب) شده، وابستگی به ماشین، مسیرهای طولانی حمل و نقل و اتلاف‌های ناشی از توزیع برق را کاهش می‌دهد و در نهایت منجر به کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی مصرف انرژی می‌شود (برتون، ۲۰۰۰ و کاپلو و کاماگنی، ۲۰۰۰).

برخی از منتقدان بر این باورند که زیان‌های ناشی از افزایش تراکم شهری به احتمال زیاد به علت تراکم ترافیک ازدحام بیش از حد و آلودگی هوا، از منافع ناشی از آن بیشتر است (برنی، ۲۰۰۱). در مقابل این امکان نیز وجود دارد که استفاده از انرژی و تولید گاز گلخانه‌ای افزایش یابد، در اصل بدون پشتیبانی از زیرساخت‌های مناسب شهری، تراکم بالای شهری می‌تواند مسائل و مشکلات زیست محیطی قابل توجهی را به بار آورد (بورگس، ۲۰۰۰). بنابراین زیرساخت‌های شهری نقش بسزایی را در اثرگذاری شهرنشینی بر کارایی مصرف انرژی دارد. هر چه زیرساخت‌های شهری در جهت استفاده از ناوگان حمل و نقل عمومی با کیفیت فراهم باشد، انتظار بر این است که تقاضا برای حمل و نقل عمومی افزایش یابد، و میزان مصرف انرژی به ازای سطح ثابتی از تولید کاهش یابد. به عبارتی کارایی مصرف انرژی در اقتصاد افزایش می‌یابد.

۳- پیشینه تحقیق

اهمیت افزایش کارایی انرژی برای بهبود کیفیت محیط زیست در کنار توسعه اقتصادی در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران در کشورهای مختلف قرار گرفته است، و مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است.

گراوند و همکاران (۱۳۹۲) با به کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها برای دوره زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۷ نشان می‌دهند که کارایی انرژی صنعت پتروشیمی به طور متوسط برابر با ۰/۶۸۸ است.

1. Burton (2000)

2. Capello and Camagni (2000)

3. Breheny (2001)

4. Burgess (2000)

شهابی‌نژاد (۱۳۹۵) با استفاده از رهیافت تحلیل مرزی تصادفی برای دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۱ نشان می‌دهد که کشورهای سریلانکا، ماکائو، ویتنام، فلپین و هند دارای کارایی انرژی بالاتر و کشورهای کویت، قطر و بحرین دارای کمترین کارایی انرژی هستند و میزان کارایی انرژی در ایران برابر با ۰/۴۵ است.

کفایی و آفائیان وش (۱۳۹۵) با استفاده از تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ و داده‌های دوره زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهند که کارایی انرژی تمام بخش‌های اقتصادی کاهش یافته است، و بخش خدمات دارای کمترین کارایی انرژی است.

کفایی و خسروی (۱۳۹۵) با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ و روش مرزی تصادفی به برآورد کارایی انرژی در استان‌های ایران می‌پردازند. شواهد آن‌ها نشان می‌دهد که استان خراسان شمالی با مقدار ۵/۲ درصد دارای بیشترین کارایی انرژی و استان‌های تهران و اصفهان با مقدار ۰/۱ درصد دارای کمترین کارایی انرژی هستند.

کفایی و آفائیان وش (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با استفاده از رهیافت داده‌های پانل به بررسی عوامل موثر بر کارایی انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی می‌پردازند، نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که موجودی سرمایه مستقیم خارجی اثر مثبت بر کارایی انرژی و ارزش افزوده اثر منفی بر کارایی انرژی دارد.

لین و یانگ^۱ (۲۰۱۳) کارایی انرژی صنعت حرارتی چین را مورد بررسی قرار می‌دهند، نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که متوسط کارایی انرژی برای این صنعت در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ برابر با ۰/۸۵ است.

لین و ونگ^۲ (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی نشان می‌دهند که کارایی انرژی صنعت آهن و فلزات برای دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ برابر با ۰/۶۹۹ است، همچنین در طول دوره مورد مطالعه کارایی انرژی افزایش یافته است.

اوتساوکا و گوتو^۳ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی برای اقتصاد ژاپن نشان می‌دهند که افزایش چگالی جمعیت باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود.

1. Lin and Yang (2013)

2. Lin and Wang (2014)

3. Otsuka and Goto (2015)

لین و لانگ^۱ (۲۰۱۵) با استفاده از روش تحلیل مرزی تصادفی نشان می‌دهند که کارایی انرژی در صنعت شیمیایی چین برای دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ با معادل ۰/۶۸۹ است، همچنین استان شانگهای دارای بالاترین کارایی انرژی و استان شانشی دارای کمترین کارایی انرژی است. لیو و همکاران^۲ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای برای اقتصاد چین با استفاده از داده‌های ۲۸۵ شهر برای دوره زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ نشان می‌دهند که تراکم صنعت^۳، کارایی انرژی را افزایش می‌دهد. لیو و لین^۴ (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به تحلیل کارایی انرژی و بررسی عوامل موثر بر آن در بخش حمل و نقل چین با استفاده از مدل توبیت می‌پردازند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که اثر ساختار صنعت و قیمت سوخت بر کارایی انرژی مثبت و معنی‌دار است. آدوم و همکاران^۵ (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای برای ۲۲ کشور آفریقایی در دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۸ و بکارگیری رهیافت مرزی تصادفی نشان می‌دهند که با حداقل نمودن عدم کارایی انرژی به طور دائم، مصرف انرژی به میزان ۸۴ درصد صرفه‌جویی می‌شود، همچنین افزایش شهرنشینی و چگالی جمعیت باعث افزایش کارایی انرژی می‌شود. لی و همکاران^۶ (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی فضایی برای ۳۰ استان چین در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۳ نشان می‌دهند که اثرات مستقیم و سرریز شهرنشینی بر کارایی انرژی به ترتیب منفی و مثبت معنی‌دار است. با بررسی مطالعات انجام شده در داخل، هیچ مطالعه‌ای اثرات ساختار شهری و صنعتی شدن را بر کارایی انرژی بررسی نکرده است. همچنین یکی از مشکلات اصلی مطالعات انجام شده این است که برای داده‌های مکانی، بدون اطمینان از عدم وجود اثرات سرریز نمی‌توان از مدل‌های مرسوم برای برآورد عوامل موثر بر کارایی انرژی استفاده نمود، که مطالعه حاضر این نقص را برطرف نموده است. بنابراین مطالعه حاضر از نظر موضوع مورد مطالعه، داده‌ها و روش اقتصادسنجی مورد استفاده جدید بوده و دارای نوآوری است.

1. Lin and Long (2015)

2. Liu et al

3. Industrial Agglomeration

4. Liu and Lin (2018)

5. Adom (2018)

6. Li (2018)

۴- روش تحقیق

هدف اصلی تحقیق برآورد کارایی انرژی مصرفی و بررسی نقش صنعتی شدن و شهرنشینی در کارایی انرژی مصرفی است. کارایی به صورت حداقل مصرف انرژی به ازای سطح خاصی از تولید قابل تعریف است. به همین دلیل ابتدا به برآورد کارایی مصرف انرژی با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی پرداخته می‌شود، و سپس با استفاده از مدل اقتصادسنجی فضایی به بررسی اثر صنعتی شدن و شهرنشینی بر کارایی مصرف انرژی پرداخته می‌شود.

۴-۱- روش تحلیل مرزی تصادفی

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، بر اساس مطالعه ایکسی و همکاران^۳ (۲۰۱۸)، از رابطه (۱) برای برآورد کارایی انرژی استفاده می‌شود.

$$-\ln E_{it} = +\beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \beta_Y \ln Y_{it} + \beta_T \ln T + \beta_{KL} \ln K_{it} \ln L_{it} + \beta_{KY} \ln K_{it} \ln Y_{it} + \beta_{LY} \ln L_{it} \ln Y_{it} + \beta_{KT} (\ln K_{it} * T) + \beta_{LT} (\ln L_{it} * T) +$$

^۱ Data envelopment analysis

^۲ Stochastic Frontier Analysis

^۳ Xie (2018)

$$\beta_{YT}(\ln Y_{it} * T) + \beta_{YY}(\ln Y_{it})^2 + \beta_{LL}(\ln L_{it})^2 + \beta_{KK}(\ln K_{it})^2 + \beta_{TT}(T)^2 + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، u_i متغیر نامنفی نشان دهنده ناکارایی مصرف انرژی است، T متغیر روند زمان، β ها پارامترهای ناشناخته‌ای هستند که باید به وسیله روش حداکثر درستنمایی تخمین زده شوند، فرض شده است که ضرایب برای همه استان‌ها یکسان است^۱. 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 می‌باشد. اگر مقدار γ برابر با صفر باشد، به معنی وجود ناکارایی انرژی است، و تفاوت بین مقدار بهینه و واقعی انرژی ناشی از v است، در این صورت برای تخمین تابع مصرف انرژی می‌توان از روش حداقل مربعات معمولی استفاده کرد. بسیاری از مطالعات تجربی از قبیل پیت و لی^۲ (۱۹۸۱) برای برآورد کارایی از تخمین دومرحله‌ای استفاده می‌کنند، به این صورت که جزء ناکارایی تابع عواملی است که جزء ماهیت ذاتی مقطع مورد مطالعه است، که می‌تواند باعث ایجاد تفاوت کارایی بین مقاطع شود. باست و کولی^۳ (۱۹۹۵) متعقدند که جزء کارایی به صورت رابطه (۲) قابل بررسی است.

$$u_{it} = \delta z_i \quad (2)$$

z شامل متغیرهایی است که بر عدم کارایی انرژی موثر می‌باشد اما غیر قابل کنترل است. وضعیت آب و هوایی هر استان از جمله متغیرهایی است که غیر قابل کنترل بوده و جزء ماهیت ذاتی استان‌ها است.

۲-۴- اقتصادسنجی فضایی

هدف اصلی تحقیق برآورد کارایی انرژی و بررسی عوامل موثر بر آن در استان‌های ایران است. به همین دلیل از داده‌های مبتنی بر مکان استفاده می‌شود. داده‌های دارای ابعاد مکانی با دو مسئله وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی مواجه هستند. اقتصادسنجی مرسوم تا حد زیادی این دو

۱. فرض یکسان بودن ضرایب به این مفهوم است که برای افزایش هر واحد در متغیرهای مستقل، انرژی یکسانی مصرف شده و تفاوت انرژی مصرفی بین استان‌ها ناشی از تفاوت در جزء ناکارایی انرژی است.

۲. Pitt and Lee (1981)

۳. Battese and Coelli (1995)

موضوع را نادیده می‌گیرد. یکی از ویژگی‌های اصلی یک مطالعه مطلوب، تناسب بین هدف تحقیق، داده‌های تحقیق و روش تحقیق است. برای ایجاد تناسب، مطالعه حاضر از رهیافت اقتصادسنجی فضایی استفاده می‌کند. دلایل استفاده از این روش به این صورت است که این روش مختص داده‌های مکانی است و همبستگی فضایی بین مناطق را در نظر گرفته و اثرات سرریز یا فضایی متغیرها را اندازه‌گیری می‌کند.

مدل خطای فضایی، وقفه فضایی و مختلط از جمله مدل‌های اقتصادسنجی فضایی هستند که ساختار آن‌ها بستگی به محل قرارگیری ماتریس وزنی فضایی برای رفع همبستگی فضایی دارد. مدل عمومی آشیانه‌ای فضایی (GNSM)^۱ که سه مدل را در بر می‌گیرد، به صورت رابطه (۳) است:

$$Y = \rho WY + X\beta + u \quad u = \delta Wu + \varepsilon \quad (3)$$

بر اساس رابطه (۳)، λ متغیر وابسته تحقیق، x بردار متغیرهای توضیحی موثر بر Y و w ماتریس وزنی فضایی است. برای تعیین ماتریس فضایی ابتدا ماتریسی به ابعاد 30×30 در 30 تعیین شده که در آن استان‌های همسایه دارای عدد ۱ و غیر همسایه برابر با صفر است. از سال ۱۳۹۰ استان البرز از تهران جدا شده است اما برای ایجاد ساختار پانل متوازن، داده‌های استان البرز در تهران ادغام شده است و این دو استان تحت عنوان استان تهران در محاسبات وارد شده‌اند. سپس هر درایه از ماتریس همسایگی بر مجموع هر سطر از ماتریس همسایگی تقسیم شده است، که تحت عنوان ماتریس استاندارد شده نام دارد. تعیین و برآورد مدل‌های مختلف فضایی بستگی به معنی‌داری ضریب خطای فضایی (δ) و وقفه فضایی (ρ) دارد.^۲ اگر چنان‌چه دو ضریب δ و ρ معنی‌دار باشند، از مدل ترکیبی که هر دو اثر خطای فضایی و وقفه فضایی را در بر دارد استفاده می‌شود. برای بررسی عوامل موثر بر کارایی انرژی، با توجه به امکان وجود اثرات سرریز فضایی از رویکرد اقتصادسنجی فضایی استفاده شده است، که به صورت رابطه (۴) می‌باشد:

$$effe_{it} = f(indu_{it}, urban_{it}, dens_{it}, inco, W) \quad (4)$$

۱. General Nesting Spatial Model

۲. جزئیات مربوط به دستیابی به تخمینی قابل اعتماد در قسمت برآورد مدل آمده است.

در معادله (۴)، $effe$ کارایی انرژی برآورد شده به وسیله تابع مرزی تصادفی معادله (۱) در استان i در زمان t است، $urban$ نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت استان، $indu$ نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به ارزش افزوده کل استان، $dens^1$ نسبت جمعیت به نفر در واحد سطح به کیلومتر مربع و $inco$ درآمد سرانه واقعی هر استان به قیمت پایه سال ۱۳۹۰ است. برای در نظر گرفتن وابستگی بین مناطق از ماتریس فضایی استاندارد شده W استفاده می‌شود.

۵- گردآوری و تحلیل داده‌ها

برای اندازه‌گیری مصرف انرژی از ترازنامه انرژی استفاده شده است، شواهد داده‌های گردآوری شده در جدول (۱) نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۵ مقدار مصرف انرژی به طور متوسط برای هر استان برابر با $۳۲/۳۲$ میلیون بشکه معادل نفت خام است و در سال ۱۳۹۴ به مقدار $۳۸/۷۶$ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به کل ارزش افزوده به طور متوسط برای هر استان از رقم $۱۳/۶۹$ در سال ۱۳۸۵ به مقدار $۱۷/۴$ درصد در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. نسبت جمعیت شهرنشینی نیز تغییرات مشابهی را تجربه کرده است به طوری که این نسبت برای هر استان به طور متوسط از رقم $۶۲/۶۳$ درصد در سال ۱۳۸۵ به میزان ۶۸ درصد در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. اقتصادها برای توسعه اقتصادی مستمر نیازمند توسعه بخش صنعت هستند و شهرنشینی پیامد توسعه صنعتی و اقتصادی است، بنابراین افزایش مصرف انرژی به دلیل تغییرات ذکر شده منطقی است. سوال برای مطالعه حاضر به این صورت است که آیا ایران در سال‌های اخیر توانسته است از صرفه مقیاس شهری برای بهبود کارایی انرژی استفاده نماید.

تغییرات چگالی جمعیت به این صورت بوده که به ازای هر کیلومتر از مساحت به طور متوسط در سال ۱۳۸۵، $۷۶/۲۵$ نفر سکونت دارند و این رقم در سال ۱۳۹۴ به $۸۵/۱$ نفر افزایش یافته است. هر چه میزان چگالی جمعیت افزایش یابد، از یک طرف به دلیل تراکم جمعیت و افزایش زمان مسافرت به ازای فاصله‌ای ثابت مصرف انرژی افزایش می‌یابد، و از طرف دیگر به دلیل کاهش مسافت زمینه برای کاهش مصرف انرژی فراهم می‌آید. برآیند دو اثر متفاوت چگالی جمعیت به

۱. متغیر چگالی جمعیت بخش شهری ارتباط نزدیک‌تری را با کارایی انرژی دارد، اما از آن‌جا که شواهد آماری در رابطه با مساحت بخش شهری در دسترس نیست، مطالعه حاضر از مساحت استانی برای محاسبه چگالی استفاده کرده است.

ساختار شهری و زیربنای حمل و نقل بستگی دارد. هر چه ساختارهای شهری در وضعیت مطلوبی باشند، اثر منفی چگالی جمعیت بر مصرف انرژی تقویت می‌شود. یکی از مهم‌ترین متغیرهایی که بر الگوی مصرفی خانوار تاثیرگذار است، سطح درآمد سرانه می‌باشد. هر چه میزان درآمد سرانه افزایش یابد، گرایش به استفاده از وسایل انرژی‌بر در خانوار افزایش می‌یابد. درآمد واقعی سرانه نوسانات قابل توجهی را تجربه کرده است به طوری که در سال ۱۳۸۸ کمترین درآمد سرانه واقعی متوسط استان‌ها معادل با ۶۴/۰۹ میلیون ریال بوده و این رقم در سال ۱۳۹۰ به بیشترین مقدار معادل ۷۶/۹۲ میلیون ریال افزایش یافته است.

جدول ۱: روند کلی داده‌های مورد استفاده

۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	
۳۸/۷۶	۴۴/۲۳	۴۳/۷۶	۴۱/۲۴	۴۱/۲۱	۳۸/۵۸	۳۶/۷۴	۳۵/۷۲	۳۴/۹۶	۳۲/۳۲	انرژی مصرفی
۶۸	۶۷/۲۷	۶۶/۸۷	۶۶/۴۶	۶۵/۹۳	۶۵/۲۹	۶۴/۶۳	۶۳/۹۷	۶۳/۳۱	۶۲/۶۳	شهرنشینی
۱۷/۴	۱۴/۳۷	۱۴/۴۸	۱۴/۸۳	۱۴/۰۴	۱۲/۸۳	۱۲/۹۹	۱۳/۳۹	۱۳/۵۴	۱۳/۶۹	صنعتی شدن
۸۵/۱	۸۴/۰۴	۸۳/۱۲	۸۲/۲۱	۸۱/۳۳	۸۰/۱۵	۷۹/۱۳	۷۸/۱۴	۷۷/۱۸	۷۶/۲۵	چگالی جمعیت
۶۶/۰۱	۶۵/۷۹	۶۸/۴۸	۶۷/۴۱	۷۶/۹۲	۷۱/۳۹	۶۴/۰۹	۶۷/۴۵	۷۲/۶۲	۶۹/۰۲	درآمد سرانه واقعی

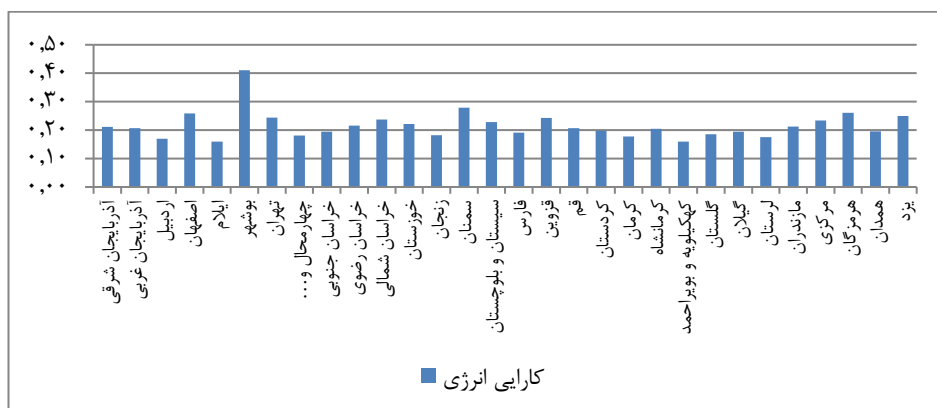
منبع: محاسبات تحقیق از مراکز آماری

۶- برآورد مدل

در این بخش از مطالعه ابتدا به برآورد کارایی انرژی با استفاده از رابطه (۱) پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از برآورد کارایی انرژی مصرفی متوسط استان‌های ایران در دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ در نمودار (۱) آورده شده است.

بر اساس نتایج حاصل از برآوردها، استان بوشهر دارای بیشترین کارایی انرژی مصرفی معادل با ۴۱ درصد است، و استان ایلام دارای کمترین کارایی انرژی مصرفی معادل با ۱۶ درصد است. به عبارتی با ثابت فرض نمودن میزان سرمایه و نیروی کار در استان ایلام، برای دستیابی به سطح فعلی تولید، می‌توان به طور بهینه مصرف انرژی را به اندازه ۸۴ درصد کاهش داد، این در حالی است که برای استان بوشهر می‌توان ۵۹ درصد مصرف انرژی را کاهش داد. روند تغییرات کارایی انرژی در

طول سال‌های مورد مطالعه برای تمام استان‌ها به طور متوسط به این صورت بوده است که در سال ۱۳۸۵ کارایی انرژی برابر با ۰/۲۱۶ بوده و این رقم در سال ۱۳۹۴ به مقدار ۰/۲۱۸ افزایش یافته است. دلایل متعددی برای پایین بودن کارایی انرژی مصرفی قابل ذکر است، اولاً سهم فعالیت‌های دارای ارزش افزوده بالا در اقتصاد نسبتاً پایین است و سهم انرژی مصرفی در بخش خانگی بیش از سایر بخش‌ها است. دوماً، قاچاق سوخت یکی از ویژگی‌های بارز مناطق مرزی است که باعث شده به ازای انرژی مصرف شده، تولیدی وجود نداشته باشد.



نمودار ۱: کارایی مصرف انرژی در بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۴

کاربرد اقتصادسنجی فضایی نیازمند اثبات وجود اثرات فضایی بین استان‌های مختلف است، بنابراین ابتدا با استفاده از آماره موران^۱ بر روی پسماندهای مدل اقتصادسنجی متعارف و متغیر کارایی انرژی، وجود اثرات فضایی مورد آزمون قرار می‌گیرد. نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که آماره موران برای پسماندهای مدل متعارف برابر با ۹/۹۱ است که در سطح خطای ۱ درصد معنی‌دار است و مقدار آماره موران برای متغیر کارایی انرژی به عنوان متغیر وابسته در سطح خطای یک درصد معنی‌دار و برابر با ۸/۴۸ است. معنی‌داری فرضیه صفر آماره موران به معنی وجود اثرات سرریز کارایی انرژی بین استان‌های مختلف است. بنابراین در مدل‌سازی عوامل موثر بر کارایی انرژی بایستی اثرات همبستگی فضایی مد نظر قرار گیرد.

^۱. Moran Test

جدول ۲: آزمون همبستگی فضایی

ارزش احتمال (P-Value)	مقدار آماره	
۰/۰۰	۸/۴۸	متغیر وابسته کارایی انرژی
۰/۰۰	۹/۹۱	پسماندهای مدل متعارف

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به رد شدن فرضیه صفر آماره موران، از مدل‌های فضایی استفاده می‌شود. گام دوم، بررسی ضریب لاگرانژ برای تعیین وابستگی فضایی بر حسب وقفه فضایی، خطای فضایی یا ترکیبی است. نتایج حاصل از ضریب لاگرانژ در جدول (۳) نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبتنی بر عدم وابستگی فضایی در مشاهدات از متغیر در دو آزمون LM lag و RLM lag^۱ رد شده است و برای حالت خطای فضایی در دو آزمون LMerror^۲ و RLMerror^۲ به ترتیب رد و تایید شده است. بنابراین در مدل‌سازی عوامل موثر بر کارایی انرژی از وقفه فضایی استفاده می‌شود.

جدول ۳: آزمون ضریب لاگرانژ

RLM lag	LM lag	RLM error	LM error	مقدار آماره
۲۵/۵۹	۹۰/۸۶	۰/۰۸	۶۵/۳۴	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۷	۰/۰۰	ارزش احتمال

منبع: یافته‌های تحقیق

برای بررسی فرضیه وجود اثرات ثابت فضایی و زمانی از نسبت راستنمایی (LR) استفاده می‌شود. نتایج حاصل از آزمون نسبت راستنمایی در جدول (۴) نشان می‌دهد که اثرات ثابت فضایی و نوعی ناهمگنی بین استان‌ها وجود دارد، اما وجود ناهمگنی در بعد زمان رد شده است. بنابراین تخمین مدل نهایی بر اساس اثرات ثابت فضایی خواهد بود.

جدول ۴: آزمون نسبت راستنمایی و هاسمن فضایی

آزمون هاسمن	اثرات ثابت زمان	اثرات ثابت فضا	آزمون هاسمن
۰/۱۸	۸/۴۲	۶۲۳/۰۷	
۰/۹۹	۰/۴۹۲	۰/۰۰	مقدار احتمال

منبع: یافته‌های تحقیق

^۱ Robust Lagrange Multiplier Lag

^۲ Robust Lagrange Multiplier Error

نتایج آزمون فضایی هاسمن برای تعیین مدل به صورت اثرات تصادفی یا اثرات ثابت در جدول (۴) نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبتنی بر استفاده از مدل اثرات تصادفی تایید شده است. چرا که مقدار آماره هاسمن فضایی برابر با ۰/۱۸ بوده که دارای ارزش احتمال برابر با ۰/۹۹ است.

نتایج حاصل از برآورد مدل دوربین فضایی (SDM) با در نظر گرفتن اثرات تصادفی در جدول (۵) ارائه شده است. ضریب برآورد شده برای وقفه فضایی در جدول (۵) نشان می‌دهد که با افزایش کارایی انرژی در استان‌های $i \neq j$ به اندازه یک درصد، کارایی انرژی در استان i به اندازه ۰/۱۱۹ افزایش می‌یابد. در واقع نوعی اثرات سرریز کارایی انرژی بین استان‌ها وجود دارد، بنابراین مزایای افزایش کارایی انرژی نه تنها موجب بهبود کیفیت محیط زیست و رفاه جامعه در استان خاص می‌شود بلکه به واسطه اثرات سرریز، کیفیت محیط زیست در سایر استان‌ها نیز افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج برآوردها، افزایش سهم صنعت در اقتصاد هر استان به اندازه یک درصد منجر به افزایش کارایی انرژی به اندازه ۰/۰۶۱۱ درصد می‌شود. در واقع با سرمایه‌گذاری در توسعه بخش صنعت، تولید بیش از مصرف انرژی افزایش می‌یابد و به این واسطه کارایی انرژی افزایش می‌یابد. اما توسعه صنعت در سایر استان‌ها $i \neq j$ به اندازه یک درصد منجر به کاهش کارایی انرژی در استان i به اندازه ۰/۳۱ درصد می‌شود، اثرگذاری منفی توسعه صنعتی در سایر استان‌ها ناشی از واقعیاتی است که توسعه صنعت در اقتصاد به طور بنیادی رخ نداده است و ارتباطی بین صنایع وجود ندارد.

شهرنشینی نیز به عنوان نتیجه توسعه اقتصادی، مسئله‌ای واقعی در تمام اقتصادهای در حال توسعه است. بررسی اثر نسبت شهرنشینی نیز نشان می‌دهد که هر چه نسبت شهرنشینی در استان‌ها افزایش یابد، کارایی مصرف انرژی کاهش می‌یابد، به طوری که با افزایش یک درصد در نسبت شهرنشینی در استان i ، میزان کارایی انرژی در استان i به اندازه ۰/۱۰۹ درصد کاهش می‌یابد. در واقع منفی بودن اثر شهرنشینی بر کارایی انرژی تاییدی بر این فرضیه است که زیرساخت‌های شهری در ایران از وضعیت مطلوبی برخوردار نیستند. چرا که بر اساس نظریه تراکم شهری هر چه زیرساخت‌های شهری از وضعیت مطلوبی برخوردار باشند، به دلیل بهره‌برداری از صرفه‌های

مقیاس^۱ می‌توان انتظار داشت که شهرنشینی باعث افزایش کارایی انرژی مصرفی شود. اما افزایش شهرنشینی در سایر استان‌ها $z \neq i$ به اندازه یک درصد، باعث افزایش کارایی انرژی در استان i به اندازه ۰/۲۲۹ درصد می‌شود. در واقع نتیجه مطالعه حاضر این مسئله را مد نظر قرار داده که با ساختار فعلی شهرها، نمی‌توان آینده سیاست‌های توسعه پایدار را در ایران مطلوب دانست.

اثر چگالی جمعیت بر کارایی انرژی مثبت و معنی‌دار است. هر چه میزان تراکم جمعیت بالاتر باشد، تقاضا برای سوخت ناشی از حمل و نقل کاهش می‌یابد. در همین راستا میزان انرژی مصرفی به ازای سطح تولید ثابت کاهش یافته و بنابراین کارایی انرژی مصرفی افزایش می‌یابد. به طوری که به ازای افزایش یک نفر در واحد سطح به کیلومتر مربع میزان کارایی انرژی به اندازه ۰/۵۲۸ درصد افزایش می‌یابد. اما افزایش یک واحد چگالی جمعیت در سایر استان‌ها $z \neq i$ باعث کاهش کارایی انرژی به اندازه ۰/۰۸ درصد می‌شود، چرا که با افزایش چگالی جمعیت در استان‌های همسایه، چگالی جمعیت در استان i کاهش و بنابراین کارایی انرژی کاهش می‌یابد. بهبود کیفیت ناوگان حمل و نقل عمومی در کنار زیرساخت‌های شهری گامی اساسی برای افزایش کارایی انرژی و برخورداری از مزیت تراکم جمعیت است. به عبارتی بهبود زیرساخت‌های شهری از قبیل افزایش کیفیت ناوگان حمل و نقل عمومی از یک طرف باعث برخورداری از مزیت افزایش چگالی جمعیت می‌شود و از طرف دیگر اثرگذاری منفی شهرنشینی بر کارایی انرژی مصرفی را کاهش می‌دهد.

درآمد سرانه یکی از متغیرهای موثر بر الگوی مصرفی خانوارها است. به این صورت که هر چه میزان درآمد سرانه افزایش یابد، تقاضا برای وسایل دارای انرژی‌بری بالاتر افزایش می‌یابد. شواهد برای استان‌های ایران نشان می‌دهد که یک درصد افزایش درآمد سرانه باعث کاهش معنی‌داری در کارایی انرژی به اندازه ۰/۱۱۵ درصد در سطح خطای ۱۰ درصد می‌شود. در واقع اثر منفی درآمد سرانه بر کارایی انرژی، بر الگوی ناصحیح مصرف خانوارها دلالت می‌کند. همچنین بر اساس گزارش‌های ترازنامه انرژی، مصرف انرژی در بخش خانگی بیش از سایر بخش‌های اقتصادی است، به همین دلیل اصلاح الگوی مصرف خانوارها در بخش انرژی می‌تواند زمینه

۱. صرفه مقیاس به این معناست که با افزایش جمعیت زمینه استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی فراهم می‌شود.

افزایش کارایی انرژی را فراهم آورد. اما افزایش درآمد سرانه در سایر استان‌ها $i \neq j$ اثر معنی داری بر کارایی انرژی در استان i ندارد.

جدول ۵: برآورد مدل دوربین فضایی (SDM)

اثرات مستقیم	اثرات سرریز		
	مقدار احتمال	ضریب	
عرض از مبدا	۰/۲۵۴	۰/۰۰۲	
صنعتی شدن	۰/۰۶۱۱	-۰/۳۱۰۲	۰/۰۰۰۲
شهرنشینی	-۰/۱۰۹	۰/۲۲۹	۰/۰۰۶
چگالی جمعیت	۰/۵۲۸	-۰/۰۸	۰/۰۱۶
درآمد سرانه	-۰/۱۱۵	-۰/۰۰۱۹	۰/۸۶۲
وقفه فضایی	۰/۱۱۹		۰/۰۰۴

منبع: یافته‌های تحقیق

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یکی از اهداف اصلی برای تمام اقتصادها، افزایش رفاه جامعه به واسطه رشد اقتصادی است. شهرنشینی به دلیل ساختارهای شهری نقش بسزایی را در کارایی انرژی دارد، هر چه ساختار شهری در وضعیت مطلوبی باشد، کارایی انرژی با توسعه شهرنشینی بهبود می‌یابد. مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های در سطح استانی برای دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ و تابع تولید ترانسلوگ ابتدا به برآورد کارایی انرژی می‌پردازد، و سپس با استفاده از مدل اقتصادسنجی فضایی به بررسی عوامل موثر بر کارایی انرژی پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از برآورد کارایی انرژی نشان می‌دهد که استان بوشهر دارای بیشترین کارایی انرژی مصرفی معادل با ۴۱ درصد، و استان ایلام دارای کمترین کارایی انرژی مصرفی معادل با ۱۶ درصد است، و این ناشی از واقعیتی است که هر چه استان‌ها بر فعالیت‌های دارای ارزش افزوده بالا متمرکز باشند، کارایی انرژی افزایش می‌یابد، در واقع تولید در استان ایلام نسبتاً پایین است. نتایج اقتصادسنجی فضایی نشان می‌دهد که نوعی اثرات سرریز مثبت کارایی انرژی بین استان‌ها وجود دارد، و اثرات مستقیم توسعه صنعت، افزایش شهرنشینی، چگالی جمعیت و درآمد سرانه بر کارایی انرژی به ترتیب ۰/۰۶۱۱، ۰/۱۰۹، ۰/۵۲۸ و ۰/۱۱۵- است و اثرات توسعه صنعت، شهرنشینی و چگالی جمعیت در سایر استان‌ها بر کارایی انرژی استان i به ترتیب برابر با ۰/۳۱، ۰/۲۲۹ و ۰/۰۸- است. بنابراین بهبود تکنولوژی تولید در بخش صنعت و

توسعه بنیادی آن مبتنی بر مزیت نسبی مناطق عاملی برای بهبود اثر مستقیم و سرریز صنعتی شدن بر کارایی انرژی است. اما اثر منفی شهرنشینی ناشی از عدم توانایی سیاست‌گذاران در جهت بهره‌برداری صحیح از مزیت‌های شهرنشینی در سال‌های اخیر به واسطه صرفه‌مقیاس است. برای بهبود اثرگذاری چگالی جمعیت بر کارایی انرژی، توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین به طور کلی بهبود تکنولوژی تولیدی بخش صنعت، بهبود زیربنای شهری در جهت بهره‌مندی از صرفه‌مقیاس شهری، توسعه و افزایش کیفیت ناوگان حمل و نقل عمومی و اصلاح الگوی مصرف انرژی خانوارها گامی مهم در جهت افزایش کارایی انرژی و بهره‌مندی بیشتر از مزایای توسعه و رشد اقتصادی است.

منابع و مأخذ

۱. ابراهیمی، محسن. سالاریان، محمد. و حاجی میرزایی، محمدعلی (۱۳۸۷). "بررسی مکانیسم‌های اثرگذاری در آمد نفتی بر رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده نفت از دیدگاه بلای منابع طبیعی". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی ۵(۱۶): ۱۵۶-۱۳۱.
۲. شهابی‌نژاد، وحید (۱۳۹۵). "اندازه‌گیری کارایی و پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی در کشورهای آسیا: تحلیل مرزی تصادفی". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی ۱۲(۴۹): ۲۲۴-۲۰۱.
۳. کریمی، زهرا. و کشاورزی، رحمان (۱۳۹۰). "توان اشتغال‌زایی بخش صنعت در ایران". ماهنامه سیاسی اقتصادی ۲۸۵: ۲۷۱-۲۵۰.
۴. کفایی، محمدعلی. و آقائیان وش، پریا (۱۳۹۵). "برآورد و مقایسه کارایی انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران". فصلنامه اقتصاد و الگوسازی ۷(۲۷): ۱۲۲-۹۷.
۵. کفایی، محمدعلی. و آقائیان وش، پریا (۱۳۹۶). "شناسایی عوامل موثر بر کارایی انرژی بخشی در اقتصاد ایران". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی ۱۳(۵۲): ۳۴-۱.
۶. کفایی، محمدعلی. و خسروی، عاطفه (۱۳۹۵). "برآورد کارایی انرژی در استان‌های ایران به روش تابع مرزی تصادفی". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی ۱۲(۵۰): ۱۲۸-۱۰۱.
۷. گراوند، سهراب. مهرگان، نادر. صادقی، حسین. و ملکشاهی، مجتبی (۱۳۹۲). "ارزیابی کارایی انرژی در صنعت پتروشیمی کشور". سیاست‌گذاری اقتصادی ۵(۱۰): ۷۴-۵۷.
8. Adams, B. (2008). *Green Development: Environment and Sustainability in a Developing World*, London, Routledge Press.
9. Adom, P. K. Amakye, K. Abrokwa, K. K. & Quaidoo, C. (2018). "Estimate of Transient and Persistent Energy Efficiency in Africa: A Stochastic Frontier Approach". Energy Conversion and Management 166: 556-568.
10. Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data". Empirical Economics 20(2): 325-332.
11. Breheny, M. (2001). "Densities and Sustainable Cities: the UK Experience". In: Echinique, M. Saint, A. (Eds.) *Cities for the New Millennium*, London, Spon Press.
12. Burgess, R. (2000). "The Compact City Debate: a Global Perspective". Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries 9-24.
13. Burton, E. (2000). "The Compact City: Just or Just Compact? A Preliminary Analysis". Urban Studies 37(11): 1969-2006.

14. Capello, R. & Camagni, R. (2000). "Beyond Optimal City Size: an Evaluation of Alternative Urban Growth Patterns". Urban Studies **37**(9): 1479-1496.
15. Chenery, H. Robinson, S. and Syrquin, M. (1986). *Industrialization and Growth* (p. 175), New York, Oxford University Press.
16. Fan, Y. Liu, L. C. Wu, G. & Wei, Y. M. (2006). "Analyzing Impact Factors of CO2 Emissions using the STIRPAT Model". Environmental Impact Assessment Review **26**(4): 377-395.
17. Jones, D. W. (1991). "How Urbanization Affects Energy-Use in Developing Countries". Energy Policy **19**(7): 621-630.
18. Kaldor, N. (1966). *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom: an Inaugural Lecture*, London, Cambridge University Press.
19. Kopidou, D. Tsakanikas, A. Diakoulaki, D. Common (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.
20. Lewis, W. A. (1954). "Economic Development with Unlimited Supplies of Labour". The Manchester School **22**(2): 139-191.
21. Lewis, W. A. (1980). "The Slowing Down of the Engine of Growth". The American Economic Review **70**(4): 555-564.
22. LI, K. Fang, L. and He, L. (2018). "How Urbanization Affects China's Energy Efficiency: A Spatial Econometric Analysis". Journal of Cleaner Production **200**: 1130-1141.
23. Lin, B. and Long, H. (2015). "A Stochastic Frontier Analysis of Energy Efficiency of China's Chemical Industry". Journal of Cleaner Production **87**: 235-244.
24. Lin, B. and Wang, X. (2014). "Exploring Energy Efficiency in China's Iron and Steel Industry: A Stochastic Frontier Approach". Energy Policy **72**: 87-96.
25. Lin, B. and Yang, L. (2013). "The Potential Estimation and Factor Analysis of China's Energy Conservation on Thermal Power Industry". Energy Policy **62**: 354-362.
26. Liu, J. Cheng, Z. and Zhang, H. (2017). "Does Industrial Agglomeration Promote the Increase of Energy Efficiency in China?". Journal of Cleaner Production **164**: 30-37.
27. Liu, W. and Lin, B. (2018). "Analysis of Energy Efficiency and its Influencing Factors in China's Transport Sector". Journal of Cleaner Production **170**: 674-682.

28. Mori, K. and Christodoulou, A. (2012). "Review of Sustainability Indices and Indicators: Towards a New City Sustainability Index (CSI)". Environmental Impact Assessment Review **32**(1): 94-106.
29. Otsuka, A. and Goto, M. (2015). "Estimation and Determinants of Energy Efficiency in Japanese Regional Economies". Regional Science Policy & Practice **7**(2): 89-101.
30. Pitt, M. M. and Lee, L. F. (1981). "The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry". Journal of Development Economics **9**(1): 43-64.
31. Xie, C. Bai, M. & Wang, X. (2018). "Assessing Provincial Energy Efficiencies in China's Transport Sector". Energy Policy **123**: 525-532.

The effect of urbanization and industrialization on energy efficiency in the provinces of Iran: The spatial econometric approach

Younes Goli¹
Yousef Mehnatfar^{2*}

Received: 15-01-2019

Accepted: 22-09-2019

Abstract

Increasing energy efficiency is an effective policy to reduce the negative externality of economic development. The study estimates and evaluates the factors affecting energy efficiency by using the data at the provincial level in Iran over a period from 2006 to 2015. The results of the stochastic frontier approach show that Bushehr and Ilam provinces have the highest and the lowest rate of efficiency equal to 0.41 and 0.16 respectively. The results of the spatial econometrics show that there is a positive spillover effect among the provinces in terms of energy efficiency. Also, the direct effects of industrialization and population density on energy efficiency are positive, but its spillover effect is negative. As another finding, the direct effects of urbanization and per capita income are negative, but the spillover effect of urbanization is positive and significant.

Keywords: Energy efficiency, Industrialization, Urbanization, Spatial econometric.

JEL Classification: C24, O13, O14, P28.

¹- Ph.D of economic in Razi University
Email: younes.goli67@gmail.com

²- Assistant Professor of economics in Mazandaran University