فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دوازدهم / شماره‌ی ۵۱/ زمستان ۱۳۹۵/ صفحات ۱۷۹-۱۵۱

بررسی همگرایی باشگاهی در کارایی انرژی صنایع کارخانه‌ای استان‌های ایران با استفاده از ماتریس احتمال انتقال مارکوف فضایی

زهرا کریمی تکانلو
عضو هیئت علمی و استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تبریز، zahra.karimi.tu@gmail.com
سید کمال صادقی
عضو هیئت علمی و دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تبریز،
sadeghiseyedkamal@gmail.com
محسن پورعبادالهان کویچ
عضو هیئت علمی و دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تبریز، mohsen_p51@hotmail.com
سید مهدی موسویان[1]*
دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشگاه تبریز، me.mousavian@gmail.com
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۳۰

چکیده

بررسی روند همگرایی در کارایی انرژی مناطق، دارای دلالت‌های سیاستی مهمی در جهت توسعه پایدار و برنامه‌ریزی منطقه‌ای انرژی می‌باشد. در این راستا، این مطالعه به دنبال استفاده از رویکرد همگرایی در جهت بررسی تفاوت کارایی انرژی بخش صنعت در بین استان‌های ایران طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۸۳ است. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش ارائه شده توسط هو و وانگ (۲۰۰۶) شاخص کارایی انرژی کل عوامل (TFEE) کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر بر مبنای روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) محاسبه شده و در مرحله بعد، با استفاده از ماتریس احتمال انتقال مارکوف و ماتریس احتمال انتقال مارکوف فضایی، همگرایی باشگاهی و همگرایی باشگاهی فضایی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد استان‌های بوشهر، سمنان و تهران بیش‌ترین و استان‌های آذربایجان غربی و ایلام کمترین میزان کارایی انرژی در بخش صنایع کارخانه‌ای را داشته‌اند، ضمن اینکه نتایج ماتریس انتقال مارکوف نیز حاکی از وجود همگرایی باشگاهی در بین استان‌ها و تأثیر میزان کارایی در همسایگی بر احتمال انتقال بین باشگاه‌های همگرایی می‌باشد، به نحوی که داشتن وقفه فضایی با کارایی بالا احتمال انتقال به باشگاه با کارایی بالا را افزایش می‌داد؛ بنابراین افزایش همکاری‌های منطقه‌ای در استان‌های با کارایی بالا در جهت تقویت استان‌های هم‌جوار می‌تواند بر افزایش کارایی انرژی اثرگذار باشد.

طبقه‌بندی JEL: P18، Q4، D61

کلیدواژه‌ها: کارایی، انرژی، همگرایی باشگاهی فضایی، صنعت

---

۱. نویسنده مسئول

۱- مقدمه

در واکنش به مجموعه‌ای از چالش‌ها از قبیل کمیابی منابع، قیمت‌های بالای انـرژی، امنیت عرضه انرژی و حفاظت از محیط‌زیست، افزایش کارایی انـرژی و صـرفه‌جـویی در مصرف آن تبدیل به مسئله بسیار مهمی در سیاست‌گـذاری‌هـای دولـت‌هـا شـده اسـت (اندروز[1]، ۲۰۰۹). توسعه پایدار را می‌توان توسعه‌ای تعریف کرد که در آن نیازهای فعلـی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آتی در رفع نیازهایشـان، تـأمین گـردد (آنـون[2]، ۱۹۸۷)؛ بنابراین، در راستای تحقق برنامه‌های توسـعه و جهـت اجرایـی نمـودن توسـعه پایدار، افزایش کارایی در مصرف انرژی ضروری مـی‌نمایـد (یوزانـگ و چـن[3]، ۲۰۱۰). از سوی دیگر، استفاده کارآمد از انرژی به‌عنـوان لازمـه توسـعه اقتصـادی پایـدار، نیازمنـد برنامه‌ریزی مناسب در حوزه انرژی و در سطوح منطقه‌ای و ملی است. به اعتقاد گیـبس[4] (۱۹۹۸) مفهوم توسعه پایدار بایستی با سطوح منطقه‌ای و محلی آغاز شده و سـپس بـه سطح ملی گسترش یابد (چانگ[5]، ۲۰۱۴).

از آغاز تولید صنعتی، توزیع فضایی و سازمانی فعالیت‌های اقتصـادی، رشـد نـابرابری داشته است. توسعه اقتصادی بـه‌صـورت برابـر، متـوازن و یکنواخـت رشـد نکـرده اسـت بنابراین فعالیت‌هـای اقتصـادی در منـاطق خاصـی متمرکزشـده‌انـد. تفـاوت‌هـای بـین منطقه‌ای در توسعه، ثروت و رفاه به ویژه در کشـورهای در حـال توسـعه وجـود دارد. بـا توجه به تفاوت‌های منطقه‌ای و پویایی‌های منطقه‌ای متفاوت، اندازه‌گیری کارایی مناطق به‌منظور طراحی و ارزیابی سیاست‌های منطقه‌ای به ویژه در بخـش صـنعت مهـم اسـت (اوزکار و آتاکا، ۲۰۱۵)[6].

طی سال ۲۰۱۲ به طور متوسط برای تولید یک میلیون دلار ارزش افزوده حـدود ۹۹ تن معادل نفت خام، انرژی در سطح جهان مصرف گردیده است و این در حالی است کـه در ایران ۴۰ درصد بیشتر از این رقم مصرف شده است. چنانچه مبنـای محاسـبات نـرخ ارز باشد، تفاوت ذکرشده بسیار بیشتر خواهد بود (ترازنامه انـرژی، ۱۳۹۲). ایـن افـزایش

1. Andrews- Speed
2. Anon
3. Yuxiang& Chen
4. Gibbs
5. Chang
6. Ozkara & Atak

چشمگیر در میزان مصرف نهایی انرژی، ضرورت تداوم و شتاب بخشیدن به اقدامات بهینه‌سازی در عرضه و تقاضای انرژی را بیش از پیش ضروری می‌سازد، چرا که با توجه به روند واردات و صادرات انرژی، ادامه این روند سبب افزایش وابستگی کشور به واردات انرژی می‌گردد (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه طی سال‌های اخیر بیش‌ترین میزان افزایش مصرف نهایی انرژی در بین بخش‌های مختلف مصرف در ایران متعلق به بخش صنعت بوده است (به طوری که مصرف نهایی این بخش طی سال‌های ۹۱-۱۳۸۴، ۱.۷ برابر شده است و از ۱۸۱.۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۴ به حدود ۳۰۳.۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۱ رسیده است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱))، در این پژوهش کارایی انرژی در کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر بخش صنعت به تفکیک استان‌ها و همچنین همگرایی بین آن‌ها طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۸۳ مورد بررسی قرار گرفته است. تمرکز روی کارایی انرژی در سطح منطقه‌ای امکان برنامه‌ریزی جهت بهبودهای بیشتر در آن را فراهم می‌کند، ضمن اینکه بررسی همگرایی کارایی انرژی، دیدگاه بهتری نسبت به پویایی‌های کارایی انرژی در ابعاد منطقه‌ای و بررسی کم یا زیادشدن اختلافات در کارایی بین استان‌ها را ایجاد می‌نماید.

در مطالعات مرتبط با کارایی انرژی که در ایران صورت گرفته‌عمدتاً نقش عوامل جغرافیایی و همگرایی فضایی بین استان‌ها مورد بررسی قرار نگرفته است. شاخص شدت انرژی به عنوان شاخص سنتی کارایی انرژی، تنها نهاده انرژی را ملاک قرار داده و سایر نهاده‌ها از قبیل سرمایه و نیروی کار را در نظر نمی‌گیرد. از این‌رو در این تحقیق از شاخص کارایی انرژی کل عوامل (TFEE[1]) که توسط هو و وانگ[2] (۲۰۰۶) و بر مبنای روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[3]) پیشنهاد گردیده، جهت محاسبه کارایی انرژی بخش صنایع کارخانه‌ای در استان‌ها استفاده خواهد شد. سپس همگرایی باشگاهی[4] کارایی انرژی و نقش اثرات فضایی بر آن نیز توسط ماتریس احتمال انتقال مارکوف[5] مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

1. Total- factor energy efficiency
2. Hu & Wang
3. Data Envelopment Analysis
4. Club Convergence
5. Transition probability matrix of Markov

در ادامه ادبیات تحقیق و خلاصه‌ای از برخی مطالعات انجام‌شده مرتبط با کارایی انرژی و همگرایی آن ارائه شده و پس از آن روش‌شناسی تحقیق بیان و در بخش بعدی نتایج تجربی تحقیق ارائه شده است. در بخش پایانی نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق گزارش شده است.

۲- ادبیات موضوع

در این قسمت ابتدا مباحث مربوط به کارایی انرژی بیان خواهد شد و سپس همگرایی انرژی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۲-۱- محاسبه کارایی انرژی

از دهه ۱۹۸۰ به بعد در ادبیات اقتصادی علاقه رو به رشدی در ساخت شاخص‌های ارزیابی کارایی فنی بنگاه و رفتار زیست‌محیطی آن به‌وجود آمد. به همین دلیل، معیارهای کارایی ترکیب شدند تا یک ابزار جامع که معیاری برای کارایی سازگار با محیط‌زیست فراهم نماید را توسعه دهند. واژه کارایی سازگار با محیط‌زیست بیانگر توانایی تولید محصولی معین با صرفه‌جویی در انرژی و منابع و یا کاهش ضایعات و آلودگی‌هاست (ریکاردی و همکاران[1]، ۲۰۱۲).

نخستین تعریف از کارایی فنی را می‌توان به کوپمنس[2] (۱۹۵۱) نسبت داد که بیان داشت: یک تولیدکننده زمانی از نظر فنی کاراست که افزایش در یکی از محصولات تولید وی، نیازمند کاهش در حداقل یکی دیگر از محصولات و یا افزایش در حداقل یکی از نهاده‌های مورد استفاده باشد و کاهش در یک نهاده آن مستلزم افزایش در حداقل یکی از سایر نهاده‌ها یا کاهش در حداقل یک محصول آن ینگاه باشد (ریکاردی و همکاران، ۲۰۱۲). کارایی انرژی به این دلیل که یک مفهوم زمینه‌ای است، به‌صورت‌های مختلفی تعریف شده است. پترسون[3] (۱۹۹۶) شاخص‌های مرتبط با کارایی انرژی را در چهار گروه بر اساس ویژگی‌های فیزیکی- ترمودینامیکی، اقتصادی- ترمودینامیکی،

1. Riccardi & et al
2. Koopmans
3. Patterson

ترمودینامیکی و اقتصادی طبقه‌بندی نموده است. آنگ[1] (۲۰۰۶) نیز شاخص‌های کارایی انرژی را به صورت شاخص‌های مبتنی بر پول، فیزیکی و شاخص‌های کارایی کلان اقتصادی یا بخشی تعریف می‌کند. اوزکارا و آتاک (۲۰۱۵) بیان می‌کنند که در سطح کلان، شاخص‌های مبتنی بر پول و یا اقتصاد، شاخص‌های مناسب‌تری جهت مطالعه کارایی انرژی هستند.

به اعتقاد هو و وانگ (۲۰۰۶) بهبود کارایی انرژی وابسته به بهبود بهره‌وری کل عوامل است. هو و وانگ (۲۰۰۶) و شی و همکاران[2] (۲۰۱۰) بیان می‌کنند که در فرایند واقعی تولید، انرژی بدون قرار گرفتن در کنار سایر نهاده‌ها از قبیل سرمایه و یا نیروی کار قادر به تولید محصول نیست؛ بنابراین، جهت بررسی درست کارایی انرژی در یک ناحیه بایستی به جای مدل تک نهاده‌ای سنتی، یک مدل چند نهاده‌ای را به کار برد (چانگ، ۲۰۱۴)، درحالی‌که شاخص سنتی شدت انرژی، تنها انرژی را به عنوان نهاده در نظر می‌گیرد و از سایر متغیرهای کلیدی از قبیل سرمایه و نیروی کار غفلت می‌کند (هو و وانگ، ۲۰۰۶). بر این اساس هو و وانگ (۲۰۰۶) کارایی انرژی کل عوامل (TFEE) را در چارچوب کل عوامل پیشنهاد دادند (لی و لین[3]، ۲۰۱۵).

۲-۲- همگرایی در کارایی انرژی

همگرایی به کاهش اختلافات در متغیر مد نظر در بین کشورها (مناطق) در طی زمان اشاره دارد (هرریس[4]، ۲۰۱۲). پس از مطالعه پیشگام بامول[5] (۱۹۸۶) و بارو و همکاران[6] (۱۹۹۱، ۱۹۹۵)، آزمون فرضیه همگرایی در برآورد رگرسیون‌های بین کشوری لحاظ گردید (منتصر و همکاران[7]، ۲۰۱۵). مطالعات مربوط به تحلیل همگرایی ابتدا در حوزه رشد درآمدی بودند و بعداً به مطالعات انرژی گسترش یافتند (ریبوردو[8]، ۲۰۱۵). همگرایی در حوزه انرژی می‌تواند حاکی از آن باشد که تفاوت تکنولوژی در بین

1. Ang
2. Shi & et al
3. Li & Lin
4. Herrerias
5. Baumol
6. Barro & et al
7. Montasser & et al
8. Reboredo

مناطق طی زمان کاهش یافته است. در مقابل، واگرایی در آن ممکن است به اعتبار دولت‌های ملی در تلاش‌هایشان برای کاهش مصرف انرژی خدشه وارد کند، بنابراین دستیابی به اهداف انرژی را برای آنان مشکل می‌سازد. به‌علاوه، این موضوع می‌تواند دلالتی بر عدم انتشار فناوری‌های مرتبط با انرژی باشد. در این مورد دولت‌ها ممکن است به عنوان مثال با اجرای سیاست‌های تکنولوژی و انگیزشی در جهت تشویق انتشار دانش[1] به ویژه در کشورهای که کارایی انرژی پایین‌تری دارند، اقدامات صرفه‌جویی در انرژی در بین بخش‌ها را اولویت‌بندی کنند (هرریس، ۲۰۱۲).

تحلیل‌های تجربی مربوطه همگرایی عمدتاً بر اساس دو مفهوم همگرایی منطقه‌ای، شامل همگرایی بتا (β) و همگرایی سیگما (σ) می‌باشند. مفهوم همگرایی بتا که از نظریه رشد نئوکلاسیک (سولو، ۱۹۵۶) آغاز شد دلالت بر این دارد که کشورهای فقیر سریع‌تر از کشورهای ثروتمند رشد می‌کنند و در نتیجه فاصله بین آن‌ها در طی زمان کاهش می‌یابد. بر حسب مصرف انرژی، این بدان معنی است که مصرف انرژی سرانه در کشورهای با مصرف آغازین بالا تمایل به رشد کمتری نسبت به کشورهای با مصرف ابتدایی پایین‌تر دارد. از طرف دیگر، همگرایی سیگما به کاهش در اختلافات بر حسب هر متغیر اقتصادی از قبیل محصول، مصرف انرژی و اشتغال اشاره دارد و زمانی اتفاق می‌افتد که انحراف معیار و یا ضریب تغییرات متغیر مورد نظر طی زمان به طور معنی‌داری کاهش یابد (فلاحی و وویا[2]، ۲۰۱۵). پس از مطالعه بامول (۱۹۸۶) به طور گسترده‌ای چنین فرض شده که همگرایی ممکن است برای تمام اقتصادها برقرار نباشد اما در درون گروه‌هایی از آن‌ها خصوصیات مشابهی را نشان دهد (آزریادیس و دریزن[3]، ۱۹۹۰). این شواهد نمایانگر فرضیه همگرایی باشگاهی هستند که دلالت بر این دارد که ممکن است مجموعه‌ای از اقتصادها با یکدیگر همگرا باشند به این معنا که در بلندمدت به سمت یک موقعیت پایدار مشترک متمایل باشند اما هیچ همگرایی بین مجموعه‌های مختلف برقرار نباشد (سیانو و داوا[4]، ۲۰۰۶). در مورد وجود همگرایی باشگاهی، چترجی[5]

1. Encouraging knowledge diffusion
2. Fallahi & Voia
3. Azariadis & Drazen
4. Siano & D'Uva
5. Chatterji

(۱۹۹۲)، چترجی و دیوهرست[1] (۱۹۹۶) و کوا[2] (۱۹۹۶، ۱۹۹۷) تأکید می‌کنند که روش‌های همگرایی بتا و سیگما می‌توانند نتایج گمراه‌کننده‌ای ایجاد کنند (اپرجیس[3]، ۲۰۱۵). ضمن اینکه متأسفانه هر دو روش، در مورد رفتار توزیع منطقه‌ای کل در طی زمان و دیگر مشکلات روش‌شناختی توصیفی ارائه نمی‌دهند (کوا، ۱۹۹۳). در واکنش به برخی از این انتقادات، تعدادی از محققان روش زنجیره مارکوف را جهت مطالعه پویایی‌های همگرایی منطقه‌ای به‌کاربرده‌اند (کوا[4]، ۱۹۹۶؛ فینگلتون[5]، ۱۹۹۷). این روش برای تشخیص مفهوم باشگاه‌های همگرایی به عنوان مفهوم جایگزین همگرایی منطقه‌ای قابل استفاده است (پو و همکاران[6]، ۲۰۰۵).

برخی مطالعات همچون پان و همکاران[7] (۲۰۱۵) در بررسی همگرایی در کارایی انرژی، وابستگی‌های فضایی را نیز در نظر گرفته‌اند. مانسکی[8] (۱۹۹۳) در مورد چرایی امکان وابستگی مشاهدات مربوط به یک مکان مشخص به مشاهدات در سایر مناطق، به ۳ نوع متفاوت از اثرات متقابل که ممکن است این وابستگی را توضیح دهند اشاره می‌کند: ۱) اثرات متقابل درون زا، آنجا که تصمیم یک واحد فضایی یا تصمیم‌گیرندگان اقتصادش به نحوی به تصمیم گرفته‌شده در سایر واحدهای فضایی وابسته باشد؛ ۲) اثرات متقابل برون زا، آنجایی که تصمیم یک واحد فضایی به نحوی به متغیرهای توضیح‌دهنده مستقل سایر واحدها وابسته باشد و ۳) اثرات همبسته، جایی که ویژگی‌های محیطی مشابه منجر به رفتار مشابه می‌شود (الهورست[9]، ۲۰۱۰). در واقع، حداقل دو دلیل عملی می‌تواند وابستگی فضایی انرژی را در پی داشته باشد: ۱) هزینه نسبتاً بالای حمل‌ونقل انرژی که با افزایش فاصله افزایش می‌یابد و ۲) عواملی همچون

1. Chatterji & Dewhurst
2. Quah
3. Apergis
4. Quah, D. T. (1996,b)
5. Fingleton
6. Pu & et al
7. Pan & et al
8. Manski
9. Elhorst

وفور منابع، ساختار صنعتی و عادات مصرف‌کنندگان در مناطق هم‌جوار شباهت بیشتری دارند تا مناطق غیر همسایه (یو[1]، ۲۰۱۲).

۲-۳- پیشینه تحقیق

با توجه به نقش محوری انرژی در توسعه پایدار و به سبب اثرات آن بر بخش‌ها و متغیرهای اقتصادی، بخش انرژی به طور کل و مباحث مربوط به کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی به طور ویژه مورد توجه بوده است. به تبع این مسائل، مطالعات بسیاری پیرامون کارایی انرژی، همگرایی آن و نقش عوامل اثرگذار بر روی آن صورت گرفته است. در ادامه تعدادی از این مطالعات که مرتبط با موضوع مورد بررسی می‌باشند به طور مختصر بیان‌شده و پس از آن جمع‌بندی این مطالعات و ارتباط این تحقیق با تحقیقات پیشین به ویژه مطالعات صورت گرفته در ایران ارائه گردیده است.

آپرجیس و کریستو[2] (۲۰۱۶) همگرایی بهره‌وری انرژی در ۳۱ کشور منتخب را طی دوره ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۲ بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها همگرایی کامل را رد می‌کرد اما بیانگر وجود تعداد معینی باشگاه همگرایی بود. درحالی‌که منحنی‌های انتقال نشان می‌داد که بهره‌وری انرژی در بلندمدت تمایل به همگرایی دارد.

پان و همکاران (۲۰۱۵) همگرایی باشگاهی فضایی کارایی انرژی در ۳۰ استان چین را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها ابتدا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مقادیر کارایی انرژی را برای سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ محاسبه و سپس با استفاده از ماتریس احتمال انتقال مارکوف و ماتریس احتمال انتقال مارکوف فضایی، همگرایی باشگاهی و نقش وقفه‌های فضایی[3] بر آن را مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج مطالعه آن‌ها طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ همگرایی باشگاهی برقرار بوده و وقفه فضایی نیز بر میزان احتمال تغییر باشگاه تأثیرگذار بوده است، به‌گونه‌ای که با داشتن همسایگی با استان‌های با کارایی بالاتر، احتمال انتقال استان با کارایی بالا به باشگاه کارایی پایین‌تر، کاهش و احتمال انتقال به باشگاه بالاتر افزایش می‌یافت.

---

1. Yu
2. Apergis, N., & Christou
3. Spatial Lag

ادیکاری وچن[1] (۲۰۱۴) همگرایی بهره‌وری انرژی در ۳۵ کشور آسیایی را طی دوره ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ با استفاده از رگرسیون فضایی بررسی نمودند. بدین منظور آن‌ها کشورها را به پنج منطقه جغرافیایی دسته‌بندی و سپس از روش همگرایی بتا و سیگما استفاده نمودند. بر اساس نتایج همگرایی سیگما، همگرایی ضعیفی در بهره‌وری انرژی برای کل کشورهای نمونه وجود داشت؛ اما برای کشورهای زیر نمونه نتایج مختلفی به‌دست آمده بود. روش همگرایی بتا مبتنی بر رگرسیون فضایی نیز همگرایی برای کل نمونه را نشان می‌داد.

پان و همکاران[2] (۲۰۱۳) با استفاده از روشی دومرحله‌ای، ابتدا کارایی انرژی در بخش صنعتی استان‌های چین طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه و سپس اثر متغیرهای شاخص بازاری بودن[3]، درآمد سرانه، مخارج تحقیق و توسعه صنعتی سرانه و درصد مصرف زغال‌سنگ را بر کارایی انرژی بررسی نمودند. بر اساس نتایج این تحقیق در اکثر مواقع با افزایش سهم زغال‌سنگ، کارایی انرژی مصرفی کاهش می‌یافت اما سایر متغیرها ارتباط مثبتی با آن داشتند.

بهبودی و همکاران (۱۳۹۱) همگرایی بهره‌وری انرژی (نسبت تولید ناخالص داخلی به ازای هر واحد مصرف انرژی) را در گروهی از کشورهای OECD بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها حاکی از وجود همگرایی بین این کشورها بود، به گونه‌ای که سالانه ۰/۰۷۵ از شکاف وضعیت جاری و سطح پایدار بلندمدت از بین رفته است. علاوه بر این، مجاورت تأثیر مثبتی بر روی بهره‌وری انرژی در این کشورها داشته است.

ابریشمی و همکاران (۱۳۸۶) همگرایی بهره‌وری انرژی در کشورهای اسلامی را طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۸۰ بررسی کردند. آن‌ها در مطالعه خود از نسبت ارزش افزوده به مصرف انرژی و نسبت تولید به مصرف انرژی، به عنوان شاخص‌های بهره‌وری انرژی استفاده کردند. نتایج مطالعه آنان حاکی از وجود همگرایی سیگما و بتا شرطی و غیرشرطی در میان کشورهای اسلامی بود.

1. Adhikari & Chen
2. Pan & et al
3. Marketization Index

در جمع‌بندی مطالعات صورت گرفته پیرامون کارایی انرژی و موضوعات مرتبط با آن در ایران، می‌توان شاهد توجه اندک این مطالعات به محاسبه کارایی انرژی بخش صنعت به تفکیک استان و نیز بحث همگرایی باشگاهی و همگرایی باشگاهی فضایی در کارایی انرژی بود. با توجه به اهمیت محاسبه کارایی به تفکیک منطقه‌ای و نیز نقش همگرایی یا واگرایی کارایی مناطق در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای، این پژوهش به دنبال پر کردن این شکاف‌ها با محاسبه کارایی انرژی بر حسب TFEE و همگرایی باشگاهی با استفاده از ماتریس احتمال انتقال مارکوف است که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۳- داده‌ها و روش‌شناسی

۳-۱- داده‌ها

در این پژوهش، جهت محاسبه TFEE بر حسب روش DEA از اطلاعات مربوط به ارزش افزوده صنایع کارخانه‌ای به عنوان بردار محصول (Y) و اطلاعات مربوط به حجم سرمایه، مصرف انرژی و نیروی کار به عنوان ماتریس نهاده‌ها (X) استفاده شده است. باتوجه به در دسترس نبودن میزان ذخیره سرمایه به تفکیک استان، در این تحقیق به پیروی از روش مورد استفاده اکبری و همکاران (۱۳۹۰) با در نظر گرفتن یک سال پایه (۱۳۸۱)، فرض شده که در این سال، نسبت ذخیره سرمایه بخش صنعت هر استان به سرمایه بخش صنعت کل کشور، برابر با نسبت ارزش افزوده بخش صنعت استان به ارزش افزوده بخش صنعت در کل کشور است و بدین ترتیب، با ضرب این نسبت در کل موجودی سرمایه کشور در بخش صنعت، میزان ذخیره سرمایه در سال پایه برای تمام استان‌ها به دست آمده است. پس از محاسبه ذخیره سرمایه در سال پایه، میزان سرمایه‌گذاری سالیانه در بخش صنعت (کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر) هر استان به میزان ذخیره سرمایه سال قبل اضافه شده و با کسر میزان استهلاک سالیانه سرمایه هر سال از ذخیره سرمایه استان‌ها، ذخیره سرمایه خالص هر استان به دست آمده است.

آمار مربوط به ذخیره سرمایه کل کشور از برآوردهای بانک مرکزی ج.ا.ا به دست آمده؛ و نرخ استهلاک بخش صنعت نیز بر اساس مطالعه هژبر کیانی و نقیبی (۱۳۹۴) برابر با ۴.۹ درصد انتخاب شده است. اطلاعات مربوط به بخش صنعت شامل ارزش

افزوده بر حسب میلیارد ریال، سرمایه‌گذاری بر حسب میلیارد ریال، اشتغال بر حسب نفر و مصرف انرژی بر حسب هزار بشکه معادل نفت خام، به تفکیک استان، از آمارنامه کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران استخراج شده است. داده‌های ارزش افزوده و سرمایه به قیمت ثابت سال ۸۳ حقیقی شده و دوره برآورد کارایی انرژی نیز ۱۳۹۲-۱۳۸۳ می‌باشد.

۳-۲- روش‌شناسی

۳-۲-۱- محاسبه کارایی

هو و وانگ (۲۰۰۶) بر اساس روش ارزیابی کارایی ارائه‌شده توسط فارل[1] (۱۹۵۷)، کارایی انرژی کل عوامل (TFEE) را در چارچوب کل عوامل پیشنهاد دادند. TFEE که برابر با نسبت نهاده انرژی هدف[2] به نهاده واقعی انرژی[3] است را می‌توان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) محاسبه نمود (لی و لین[4]، ۲۰۱۵).

روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یک روش ناپارامتریک نسبتاً جدید جهت ارزیابی کارایی است که به طور گسترده‌ای جهت اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی و انرژی استفاده شده است. این روش که توسط چارنز و همکاران[5] (۱۹۷۸) پیشنهاد شد، یک روش ریاضی است که از تکنیک برنامه‌ریزی خطی جهت ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) بهره می‌برد (وانگ و فنگ[6]، ۲۰۱۵).

با فرض داشتن K نهاده و M محصول برای هر کدام از N واحد (استان‌ها)، مدل DEA با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS[7])، به حل مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر برای واحد i در هر سال می‌پردازد:

$$D(y_i , x_i)=Min_{\theta,\lambda}\ \theta \qquad (۱)$$

به نحوی که:

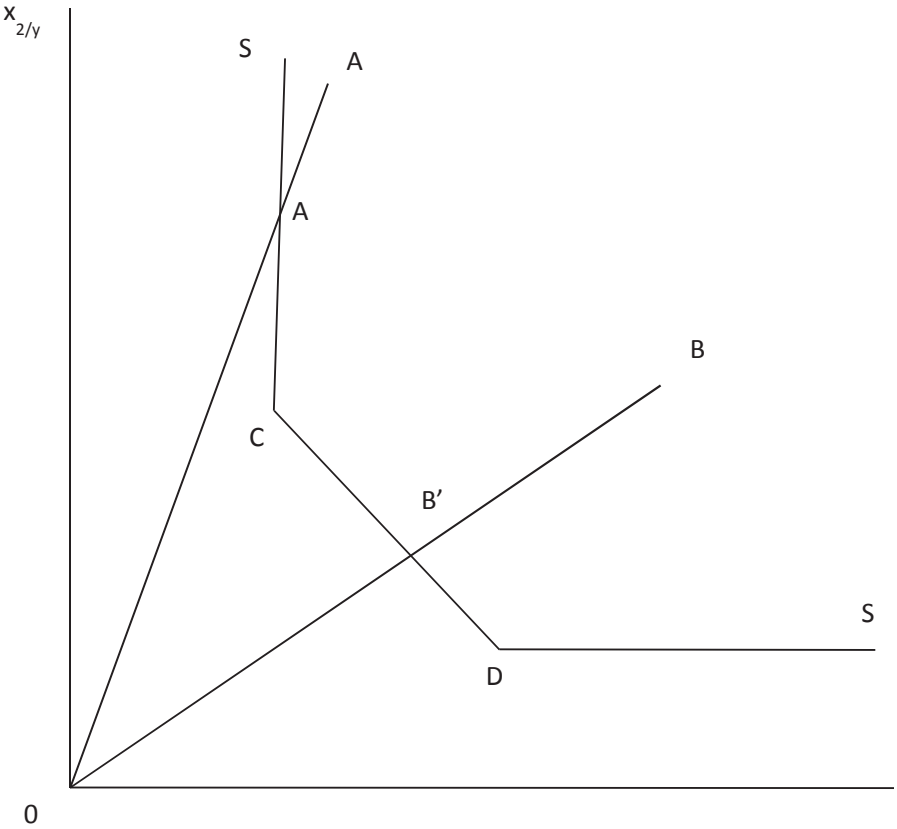
1. Farrell
2. Target Energy Input
3. Actual Energy Input
4. Li & Lin
5. Charnes et al
6. Wang & Feng
7. Constant Returns to Scale

$$-y_i+Y\lambda\geq 0,$$
$$\Theta x_i-X\lambda\geq 0, \qquad (۲)$$
$$\lambda\geq 0$$

که در آن، x_i و y_i به ترتیب بردارهای ستونی از مقادیر نهاده و محصول برای واحد i ام هستند، X نشانگر ماتریس K×N ورودی‌ها، Y ماتریس M×N محصولات و λ برداری N×1 از مقادیر ثابت است. مقدار θ نیز برابر با کارایی فنی کل (OTE[1]) برای واحد i ام می‌باشد و مقداری بین صفر و یک (۰≤θ≤۱) خواهد داشت. مطابق تعریف فارل (۱۹۵۷)، مقدار یک برای θ نشان‌دهنده قرارگیری روی مرز کارایی است. مرز کارایی خط تولید یکسانی است که توسط داده‌های مشاهده‌شده در تمام واحدها در یک سال تعیین می‌گردد (هونما و هو، ۲۰۰۸). واحدی که مرز کارا[2] را می‌سازد، بهترین عملکرد را در بین سایر واحدها در آن سال داشته است.

نحوه اندازه‌گیری کارایی انرژی کل عوامل بر اساس روش DEA را می‌توان با نمودار (۱) توضیح داد. در این شکل، SS′ نشان‌دهنده مرز کارایی تولید می‌باشد و قرارگیری واحدهای C و D روی آن به این معنی است که با کاهش بیشتر نهاده‌هایشان، قادر به حفظ سطح خروجی مفروض نمی‌باشند؛ درحالی‌که واحدهای A و B واحدهای ناکارا هستند و بدون کاهش سطح تولید، می‌توانند از مقدار کمتری نهاده استفاده کنند.

1. Overall Technical Efficiency
2. Efficiency Frontier



نمودار ۱- اندازه‌گیری کارایی در مدل DEA و در حالت CRS

منبع: هونما و هو، ۲۰۰۸

فاصله واحد i ام، تا نقطه برنامه‌ریزی‌شده[1] روی مرز کارایی برابر با کاهش شعاعی نهاده بدون کاهش سطح خروجی (محصول) یعنی $(1-\theta)x_i$ است که تحت عنوان تعدیل شعاعی۲ شناخته می‌شود. در نمودار (۱) این مقدار برای مجموعه نهاده واقعی B برابر با BB´ است که در آن B´ نقطه ایده‌آل و یا بهترین مجموعه نهاده عملی برای مجموعه B است. این امر زمانی که مرز کارایی در امتداد (موازی) محورها قرار دارد منجر به مسائلی

1. Projected Point
2. Radial Adjustment

می‌شود. به عنوان مثال، در شکل نقطه ´A بهترین نقطه یافته شده برای واحد A، با کاهش شعاعی ´AA است. درحالی‌که نقطه ´A می‌تواند با حفظ سطح خروجی مقداری از نهاده را کاهش دهد. میزان این کاهش (´CA) راکدی ورودی[1] نامیده می‌شود. برای واحد A بهترین نقطه عملی به جای نقطه 'A نقطه C است که با تعدیل شعاعی 'AA و راکدی 'CA به دست می‌آید. مجموع تعدیلات شعاعی و راکدی برابر با کل مقداری (هدف) است که می‌توان بدون کاهش دادن سطح خروجی، از میزان نهاده کاهش داد. در رابطه با نهاده انرژی، مجموع ذکرشده هدف صرفه‌جویی[2](EST) نامیده می‌شود و فرمول محاسبه آن به صورت زیر است (هونما و هو، ۲۰۰۸):

$$EST_{(I,t)}=Slac\ Adjustment_{(I,t)}+Radial\ Adjustment_{(I,t)} \quad (۳)$$

در فرمول (۳) EST(I,t) مقدار EST در واحد i و سال t است. به طور کلی کارایی بر حسب نسبتی تعریف می‌شود که به وسیله آن، بهترین عملکرد با عملکرد واقعی مقایسه می‌شود؛ بنابراین شاخص کارایی انرژی بایستی برابر با نسبت مقدار کل هدف کاهش انرژی محاسبه‌شده از فرمول (۳) به مقدار واقعی مصرف انرژی باشد. بر اساس تعدیلات شعاعی و راکدی انرژی به دست آمده از مدل DEA، قادر به محاسبه نسبت مقدار هدف کاهش انرژی (ESTR) با در نظر گرفتن همزمان سایر عوامل خواهیم بود. مقادیر هدف نهاده‌ها برای یک واحد در یک سال، با مقایسه نهاده‌های واقعی آن با مرز کارایی در آن سال تعیین می‌شود. فرمول محاسبه آن به صورت زیر می‌باشد:

$$\mathrm{ESTR(I,t)} = \frac{\text{مقدار هدف کاهش انرژی واحد } i \text{ در زمان } t}{\text{مقدار واقعی نهاده انرژی واحد } i \text{ در زمان } t} \quad (۴)$$

که در آن، ESTR(I,t) برابر با ESTR واحد i در زمان t است. در فرمول (۴)، ESTR بیانگر سطح ناکارایی در مصرف انرژی هر واحد (استان) است. چون حداقل EST برابر با صفر است، مقدار ESTR بین صفر و یک قرار خواهد گرفت. شاخص کارایی انرژی کل عوامل که اولین بار توسط هو و وانگ (۲۰۰۶) و هوو کائو[3] (۲۰۰۷) مطرح گردید رابطه (۵) را با ESTR دارد (هونما و هو، ۲۰۰۸):

1. Input Slack
2. Energy Saving Target
3. Hu and Kao

$$TFEE_{(i,t)}=1-ESTR_{(I,t)} \quad (۵)$$

مدل CCR که در بالا توضیح داده شد، بر اساس فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس بنا شده، اما مدل BCC که توسط بنکر و همکاران[1] (۱۹۸۴) توسعه داده شد، مبتنی بر فرض متغیر نسبت به مقیاس می‌باشد (لیو و همکاران[2]، ۲۰۱۰). با کنار گذاشتن فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس و لحاظ امکان بازده متغیر (کاهشی یا افزایشی) نسبت به مقیاس (VRS[3])، بایستی یک محدودیت دیگر به تصریح مدل چارنز و همکاران (۱۹۷۸) اضافه نمود. این محدودیت دلالت بر این دارد که مجموع ترکیب خطی پارامتر λ باید برابر با یک باشد ($\sum\lambda=1$). (چلن[4]، ۲۰۱۳). مدل DEA با بازده متغیر نسبت به مقیاس (BCC)، کارایی فنی کل (OTE) را (که از حل مدل CCR به دست می‌آید) مجدد به کارایی فنی خالص (PTE) و کارایی مقیاس (SE) تجزیه می‌کند (هو و وانگ، ۲۰۰۶). ارتباط بین این کارایی‌ها به صورت $OTE = PTE \times SE$ می‌باشد (هو و وانگ، ۲۰۰۶)، که در آن، PTE کارایی فنی خالص به دست آمده از مدل BCC می‌باشد. در این تحقیق، به این دلیل که ما به دنبال محاسبه کارایی فنی کل (با لحاظ ناکارایی‌های ناشی از مقیاس) با نهاده انرژی هستیم از مدل با بازده ثابت نسبت به مقیاس استفاده شده است.

۳-۲-۲- بررسی همگرایی

در ادبیات همگرایی‌معمولاً از دو نوع همگرایی منطقه‌ای، شامل همگرایی β و همگرایی σ استفاده شده است. با بروز برخی انتقادات نسبت به این دو روش، تعدادی از محققان روش زنجیره مارکوف را جهت مطالعه پویایی‌های همگرایی منطقه‌ای به‌کاربرده‌اند (کوا، ۱۹۹۶؛ فینگلتون، ۱۹۹۷). زنجیره مارکوف به عنوان ابزار مؤثری برای بررسی همگرایی باشگاهی (پان و همکاران، ۲۰۱۵) می‌تواند برای بررسی باشگاه‌های همگرایی به عنوان مفهوم جایگزین همگرایی منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد (پو و همکاران، ۲۰۰۵).

1. Banker et al. (1984)
2. Liu & et al
3. Variable Return to Scale
4. Çelen

۳-۲-۲-۱- زنجیره مارکوف[1]

چنانچه فرض کنیم که مجموعه‌ای از k طبقه متفاوت از کارایی انرژی، تقرب گسسته‌ای از توزیع کارایی منطقه‌ای کل را ایجاد می‌کنند و بردار احتمال P_t بیانگر احتمال عضویت یک منطقه در هر طبقه کارایی است. P_t را می‌توان با بردار $1\times k$ به صورت $[P_{1,t},P_{2,t},\ldots,P_{k,t}]$ نشان داد. پویایی‌های توزیع کارایی انرژی را نیز می‌توان با ماتریس $k\times k$ احتمال انتقال M نشان داد که در آن، هر درایه $m_{i,j}$ سطح احتمالی را مشخص می‌کند که یک منطقه از طبقه i در سال t در دوره بعد در طبقه j قرار می‌گیرد. در مدل مارکوف، اگر احتمالات انتقال مانا باشند، احتمالات بین دو طبقه در طی زمان تغییر نمی‌کنند، پس:

$$P_{t+b}=P_tM^b \qquad (۶)$$

که در آن، M ماتریس احتمال انتقال است، P_{t+b} یا P_t بردار احتمال برای سال t+b یا t و b بازه زمانی است (پو و همکاران، ۲۰۰۵). رویکرد سنتی روش زنجیره مارکوف اثرات فضایی را نادیده می‌گیرد به گونه‌ای که در آن با هر منطقه به عنوان واحدی منحصربه‌فرد رفتار شده و هیچ ارتباطی بین آن‌ها وجود ندارد. روش زنجیره مارکوف فضایی با بهره‌گیری از وقفه فضایی، این کمبود را به طور مؤثری رفع کرده است.

۳-۲-۲-۲- زنجیره مارکوف فضایی[2]

با لحاظ آماره‌های فضایی محلی در چارچوب زنجیره مارکوف، زنجیره مارکوف فضایی به دست می‌آید (ری، ۲۰۰۱؛ گالو، ۲۰۰۴[3]). عامل وقفه فضایی که برابر با حاصل‌ضرب مشاهدات (Z) و ماتریس وزن‌های فضایی[4] (W) است، مفهوم مرکزی آمار فضایی می‌باشد (انسلین[5]، ۱۹۹۵). وقفه فضایی یک منطقه برابر با متوسط وزنی مقادیر در مناطق همسایگی‌اش بوده و مجموعه همسایگی‌ها نیز با ماتریس W تعریف می‌گردد.

1. Markov Chain
2. Spatial Markov Chain
3. Rey, 2001; LE Gallo 2004
4. Spatial Weights
5. Anselin

اگر یک مشاهده از متغیر z در منطقه i را با z_i نشان دهیم، آنگاه وقفه فضایی آن برابر با $\sum_{j=1}^{n} w_{ij} z_j$ ،j≠۱,i,j=1,...,n خواهد بود. بسته به طبقه قرارگیری وقفه فضایی آن در ابتدای هر سال، ماتریس مارکوف فضایی را برای طبقه‌های مختلف کارایی انرژی می‌توان ایجاد کرد.

همان طور که در جدول (۱) نشان داده شده، این روش با قرار دادن نوع وقفه فضایی در سال‌های اولیه به عنوان شرط، ماتریس k×k مارکوف سنتی را به ماتریس احتمال انتقال شرطی با بعد K(k×k) افراز می‌کند. برای k امین ماتریس شرطی و با در نظر گرفتن نوع وقفه فضایی در سال t به عنوان شرط، $m_{ij}(k)$ بیانگر احتمال انتقال از نوع i به نوع j در سال بعد است. مقایسه بین درایه‌های ماتریس مارکوف و درایه‌های متناظر در ماتریس فضایی چگونگی تأثیرپذیری احتمال انتقال یک منطقه از مناطق در همسایگی خود را نشان می‌دهد (پو و همکاران، ۲۰۰۵).

اثر هم جواری با مناطق با کارایی انرژی پایین بر انتقال به بالا یا پایین یک منطقه را می‌توان با تحلیل درایه‌های ماتریس شرطی در حالت وقفه فضایی پایین بررسی نمود. برای مثال درایه $m_{LH/L}$ بیانگر احتمال انتقال یک منطقه با کارایی پایین و همسایگی با مناطق با کارایی پایین، به گروه با کارایی بالاست. به‌علاوه، با مقایسه درایه‌های ماتریس مارکوف سنتی با درایه‌های متناظر ماتریس مارکوف فضایی، می‌توان اثر کلی وابستگی فضایی را ارزیابی نمود. به عنوان مثال، چنانچه $m_{LH} > m_{LH/L}$ احتمال انتقال رو به بالا برای یک منطقه با کارایی پایین، بدون در نظر گرفتن همسایگانش، بالاتر از احتمال انتقال رو به بالا برای مناطق با کارایی پایین و هم‌جوار با مناطق با کارایی پایین است. به طور مشابه اگر $m_{LH} < m_{LH/H}$ آنگاه مناطق با کارایی پایین و هم‌جوار با مناطق کارا، احتمال انتقال رو به بالا بیشتری نسبت به متوسط مناطق با کارایی پایین دارند. چنانچه زمینه جغرافیایی تأثیری بر احتمالات انتقال نداشته باشد، آنگاه احتمالات شرطی با احتمالات اولیه برابر خواهند شد (پو و همکاران، ۲۰۰۵).

$$m_{ij/1}=m_{ij/2}=\ldots=m_{ij/k}=m_{ij} \qquad \forall_{i,j=1,\ldots,k} \qquad (۷)$$

جدول ۳- ماتریس مارکوف فضایی (k=۲)

وقفه فضایی	t_0	t_1	
		L	H
L	L	$m_{LL/L}$	$m_{LH/L}$
	H	$m_{HL/L}$	$m_{HH/L}$
H	L	$m_{LL/H}$	$m_{LH/H}$
	H	$m_{HL/H}$	$m_{HH/H}$
ماتریس مارکوف	L	m_{LL}	m_{LH}
	H	m_{HL}	m_{HH}

منبع: (پو و همکاران، ۲۰۰۵)

۴- نتایج تجربی

به‌منظور محاسبه کارایی انرژی بخش صنعت به تفکیک استان‌ها، با استفاده از روش DEA، مرزهای کارایی سالانه که توسط مجموعه استان‌ها در هر سال ایجاد می‌شود باهم مقایسه شده و مقادیر هدف برای نهاده انرژی بخش صنایع کارخانه‌ای در هر استان مشخص گردید. جهت محاسبه کارایی فنی کل با نهاده‌های انرژی، از مدل DEA با بازده ثابت نسبت به مقیاس استفاده شد و با توجه به اینکه مرز کارایی مذکور مبتنی بر حداقل سازی نهاده‌ها می‌باشد، به پیروی از ایده اصلی فارل (۱۹۵۷) روش اندازه‌گیری داده محور[1] در محاسبه کارایی استفاده گردید. با مشخص شدن مقادیر هدف نهاده انرژی، کارایی انرژی[2] بر اساس فرمول (۵) محاسبه گردید که نتایج مربوط به آن در جدول (۲) گزارش شده است[3].

1. Input- Oriented
2. Energy Efficiency

۳. برآوردها با استفاده از نرم افزار DEAP صورت گرفته است.

جدول ۴- کارایی انرژی محاسبه‌شده به تفکیک استان

سال استان	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
آذربایجان ش	۰,۳۱۲	۰,۵۷۷	۰,۵٤٤	۰,۷۷۸	۰,۹۵۳	۰,۷٦	۰,٦۷۵	۰,۷۷۲	۰,۳۹۹	۰,۵۸۷
آذربایجان غ	۰,۱۷۹	۰,۲۷۷	۰,۲۵۲	۰,٤٦۷	۰,۵۷	۰,٦۲۷	۰,٤۵۵	۰,٤۳٦	۰,۱٦۱	۰,۳۳۸
اردبیل	۰,۲٦۵	۰,٤۱٦	۰,۳۹٤	۰,٤۷۲	۰,۸۵۹	۰,۷۱۸	۰,۵٦۲	۰,۵۷۱	۰,۲۸۱	۰,٦۳٤
اصفهان	۰,۲۳۸	۰,۳۰۲	۰,۲۹۲	۰,۸۲٦	۱	۰,۷٤	۰,٤۱٤	۰,٦۷٦	۰,۲۲۲	۰,۵۷۱
ایلام	۰,۳۲٦	۰,۲۰۲	۰,۱۷۱	۰,۳۵۹	۱	۱	۰,۳۰٤	۰,۲۰۸	۰,۱۳۳	۰,۳۲۷
بوشهر	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تهران	۰,۵۹۷	۰,۷٦٦	۰,۹٤۷	۰,۸۸۷	۱	۱	۱	۰,۹۷۲	۰,۹۳۸	۰,۹۵
چ و بختیاری	۰,٤۱۷	۰,٦۰٦	۰,۵۹۱	۰,۸۵۵	۰,٤٦۱	۰,۳۹٦	۰,٤۳٤	۰,۳٦	۰,۳٦۸	۰,٤٤۷
خ رضوی	۰,۲۵۲	۰,٤۰۱	۰,٤۰۳	۰,۵٦۵	۰,۷۲۸	۰,۷٦۵	۰,٦۰۲	۰,۸۲۵	۰,۲۸۵	۰,٤۵٤
خوزستان	۰,۱۰۵	۰,۱۵۳	۰,۲۳٦	۰,۵۱۹	۰,۸۷۹	۰,۷٦٦	۰,٤۳۲	۰,۲٦۳	۰,۷۷۲	۰,۵۹٦
زنجان	۰,٦٦٤	۰,۹۱۸	۰,۹۲٤	۰,۸۰۳	۰,۹۱۷	۰,۹٦۷	۰,۸۱٤	۰,۸۰٦	۰,٦٦۲	۰,۵۳۹
سمنان	۱	۱	۱	۱	۰,۹۹۸	۰,۹٦	۰,۸۷۷	۱	۰,۵۷۸	۰,۸۵٤
سیستان	۰,۱۷۹	۰,۲۵	۰,۲۲۱	۰,۳۲	۰,۵۹۲	۰,٦٦۱	۰,۲٤۳	۱	۰,۱۹٦	۰,۷۲٦
فارس	۰,۱٤۸	۰,۳۳۲	۰,۳۸٤	۰,٦۳۷	۰,۷٤۵	۰,۷۸۸	۰,۸۱۵	۰,۸۳۸	۰,٤٤٦	۰,٦۵٤
قزوین	۰,۳۹۱	۰,۵۸	۰,۸٤۳	۰,۹٤۲	۱	۰,۸۰۵	۰,۷۲۷	۰,۷۵۷	۰,۵۸	۰,٦
قم	۰,۸۱٤	۰,۷۷	۰,٦۵	۰,۸٤۵	۰,۷۳۲	۰,۷۷۵	۰,۸۱٦	۰,٦٤۵	۰,۲۲۵	۰,۵۹٤
کردستان	۰,۲۳۹	۰,٤۳۲	۰,۵۱۱	۰,٦۲۸	۰,۷۷۱	۰,۷۳٦	۰,٦٤۸	۰,٦۲٤	۰,۵۵۹	۰,۵۰۸
کرمان	۰,۲۲٤	۰,۲۷۸	۰,۵۲٦	۰,۹۲۱	۰,۹۵۵	۱	۱	۱	۱	۱
کرمانشاه	۰,۲٤٦	۰,۳۹۲	۰,۳۲۸	۰,۵۷۱	۰,٦۹۲	۰,۸۹۷	۰,٤٤۹	۰,۷۹۵	۰,٦۷۳	۰,۵۳۹
ک و بویراحمد	۰,۱۳٦	۰,٦۰٤	۰,۱۹۵	۰,٤۹۹	۰,۵۲۱	۰,٦٦۵	۰,۹۱۱	۰,۷۰۳	۰,۳۹	۱
گلستان	۰,۲٦۷	۰,٤۱۹	۰,٤۱٤	۰,۵۵۸	۰,٦۳۸	۰,٤۹	۰,٤۵۹	۰,۵٦	۰,۱۷۸	۰,٤۱٦
گیلان	۰,٤۲٦	۰,٤۷۳	۰,٤۸۱	۰,۵۹٦	۰,٦۵	۰,۸۲۵	۰,۵۰٦	۰,۵۷٦	۰,۵۱۵	۰,۵۷۱
لرستان	۰,۱۷۹	۰,۳٤٤	۰,۳۷٤	۰,٦٦۲	۰,٦۹٤	۰,٦۸٦	۰,٦۱٤	۰,۷٤۱	۰,٤	۰,۵۳
مازندران	۰,۵٦	۰,۷۵۲	۰,۷۱۵	۰,۸۹٤	۱	۰,۹۰۱	۰,۷۹۳	۰,۷٦۱	۰,۵۱۸	۰,۵۷
مرکزی	۰,۳۳۹	۰,٦۵	۰,٤۱۷	۰,٦۵۵	۰,۸۱۱	۰,۷٤۹	۰,٦۲	۰,٦۳۲	۰,٤٤۵	۰,٦
هرمزگان	۰,۰۸۳	۰,۱۳	۰,۱۲۹	۱	۱	۱	۰,۳٤۹	۰,۲۸۹	۱	۱
همدان	۰,۲۰۷	۰,٤۸٤	۰,۳۵۷	۰,۵۲٤	۰,۵۷۹	۰,٦۵٦	۰,۵۱۲	۰,٦٤۵	۰,۱۷٤	۰,۲۸
یزد	۰,۳٤۲	۰,٤۷۸	۰,٤۳٦	۰,٦٦۵	۰,۹۳۱	۰,۹۸۳	۱	۰,۹۷۸	۰,۳۷۲	۰,۳۹

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۲) استان‌های بوشهر و سمنان بیش‌ترین میزان کارایی انرژی در بخش صنعت را طی دوره مورد بررسی داشته‌اند و پس از آن‌ها استان‌های تهران، زنجان و کرمان قرار دارند. استان بوشهر در تمامی سال‌ها کارا و مقدار کارایی آن برابر با یک بوده است. متوسط کارایی استان سمنان طی دوره مورد بررسی برابر با ۰/۹۳ بوده است. کارایی بالای انرژی در استان بوشهر را می‌توان به ساختار صنعتی و موقعیت جغرافیایی و اقتصادی آن نسبت داد. این استان به واسطه برخورداری از زیرساخت‌های مرتبط و موقعیت ژئوپولیتیکی توانسته صنایع شیمیایی نسبتاً زیادی را در خود جای دهد. این صنایع، با وجود انرژی بر بودن، به واسطه فناوری و ارزش افزوده سرانه بالای خود در این استان از کارایی انرژی نسبتاً بالاتری برخوردارند. از طرفی حجم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در این استان بالاتر از سایر استان‌ها بوده[1] است. مطابق مطالعه میلنیک و گلدمبرگ[2] (۲۰۰۲) سرریز دانش و فناوری ناشی از این سرمایه‌گذاری‌ها نیز می‌تواند از عوامل اثرگذار بر کارایی انرژی باشد. استان سمنان نیز به واسطه همجواری با ۸ استان، قرار گرفتن در مسیر تهران- مشهد و استان‌های شمال و شمال غرب به مرکز، موقعیت جغرافیایی ویژه‌ای را دارد. این امر به سر ریز دانش و فناوری از استان‌های دیگر و دسترسی به بازارهای آنان کمک می‌کند که می‌تواند افزایش کارایی انرژی را در پی داشته باشد. کمترین میزان کارایی انرژی به ترتیب مربوط به استان‌های آذربایجان غربی (۰/۳۸)، ایلام (۰/۴)، سیستان، گلستان و همدان (۰/۴۴) می‌باشد. صنایع کارخانه‌ای در ایلام و سیستان، در مقیاس کوچکی قرار دارند به‌گونه‌ای که کمترین درصد ارزش افزوده این بخش در کشور متعلق به این استان‌هاست. وجود صنایع کوچک (ناکارایی مقیاس) با تکنولوژی ابتدایی، دوری از مرکز، ساختار صنعتی متکی به صنایع انرژی‌بر با کارایی پایین و ضعف زیرساخت در این استان‌ها می‌تواند از عوامل کارایی پایین انرژی در آن‌ها باشد. متوسط کارایی انرژی در بخش صنعت استان تهران نیز برابر با ۰/۹۱ بوده و جزء استان‌های با کارایی انرژی بالا قرار دارد.

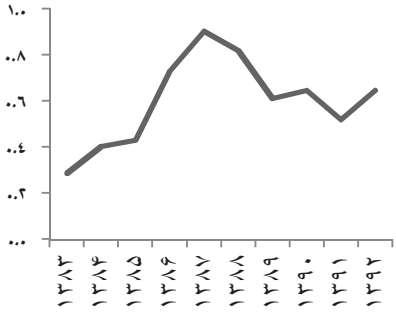
---

۱. بر اساس آمار سازمان سرمایه‌گذاری و کمک‌های اقتصادی و فنی ایران

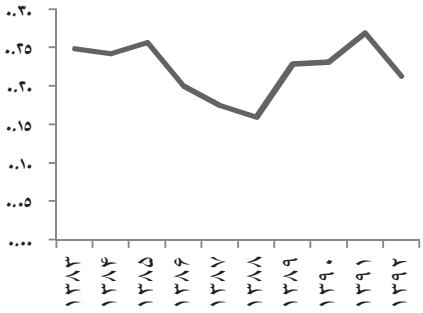
2. Mielnik & Goldemberg

در نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب متوسط وزنی (بر اساس سهم هر استان از کل مصرف انرژی) و انحراف معیار کارایی انرژی بخش صنعت در بین استان‌ها طی دوره ۹۲-۱۳۸۳ رسم شده است. با توجه به نمودار (۱) میزان متوسط کارایی انرژی طی برنامه چهارم توسعه از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ روند افزایشی داشته است اما از سال ۱۳۸۸ روند نزولی به خود گرفته است. با این حال در سال ۱۳۹۲ مجدداً متوسط کارایی انرژی افزایش یافته است. بیش‌ترین میزان متوسط رشد کارایی انرژی طی دوره مورد مطالعه نیز مربوط به استان هرمزگان بوده است. این نتایج حاکی از این است که با وجود اجرای طرح هدفمندی و افزایش قیمت حامل‌های انرژی، هر چند در سال ۱۳۹۰ متوسط کارایی انرژی افزایش داشته اما در سال ۱۳۹۱ مجدداً کاهش یافته است. با وجود اینکه تئوری‌های اقتصادی افزایش کارایی انرژی پس از افزایش قیمت انرژی را پیش‌بینی می‌کنند اما این امر به سرعت اتفاق نمی‌افتد و نیازمند سرمایه‌گذاری و جایگزینی تجهیزات ناکارا با تجهیزات کارا از طریق نوآوری و تحقیق و توسعه و یا واردات کالاها و تجهیزات کارا می‌باشد. در سال‌های پس از اجرای هدفمندی یارانه‌ها کشور در شرایط تورمی بالا قرار گرفت و رشد اقتصادی متوقف شد همچنین نرخ ارز نیز با افزایش روبرو شد. وجود این شرایط (افزایش هزینه‌ها در صنایع) در کنار محدودیت مالی بنگاه‌های خصوصی، تحریم‌های اقتصادی و پرداخت نشدن یارانه به تجهیزات کارا، می‌توانند عدم افزایش کارایی انرژی را توجیه کنند.

بررسی روند انحراف معیار کارایی انرژی در نمودار (۲) نیز نشان دهنده کاهش پراکندگی کارایی انرژی در بین استان‌ها از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸ است که این امر نشانگر وجود روند همگرایی کارایی انرژی بخش صنعت در بین استان‌ها را نشان می‌دهد. با این وجود، از سال ۱۳۸۹ اختلاف کارایی انرژی در بین استان‌ها افزایش داشته و در نهایت در سال ۱۳۹۲ همگرایی در بین استان‌ها افزایش یافته است. با در نظر گرفتن این نتایج، اختلاف بین کارایی انرژی بخش صنایع کارخانه‌ای در بین استان‌ها بالا بوده، به‌گونه‌ای که متوسط انحراف معیار آن طی دوره مورد بررسی برابر با ۰/۲۲ بوده است.



نمودار ۱- میانگین کارایی انرژی‌بخش صنایع کارخانه‌ای در استان‌ها



نمودار ۲- انحراف معیار کارایی انرژی بخش صنایع کارخانه‌ای در بین استان‌ها

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه جهت بررسی تغییرات این اختلاف و آگاهی از همگرایی و یا واگرایی آن‌ها، از ماتریس احتمال انتقال مارکوف استفاده شده است. این امر امکان بررسی روند همگرایی یا واگرایی باشگاهی را فراهم می‌کند. برای استفاده از این روش، ابتدا مشابه با مطالعه کوا[1] (۱۹۹۳) و پکالا[2] (۲۰۰۰) مقادیر کارایی به دست آمده بر حسب چندک‌ها تقسیم‌بندی شدند. بدین منظور مقادیر کارایی به سه گروه (چندک) در هر سال و بر اساس میزان کارایی از یک (کمترین کارایی) تا ۳ (بیش‌ترین کارایی) طبقه‌بندی شدند و سپس احتمالات مربوط به انتقال بین طبقات (باشگاه‌ها) با استفاده از روش ماتریس احتمال انتقال مارکوف محاسبه گردید. نتایج مربوط به این روش در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- ماتریس مارکوف کارایی انرژی منطقه‌ای بخش صنعت طی دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲

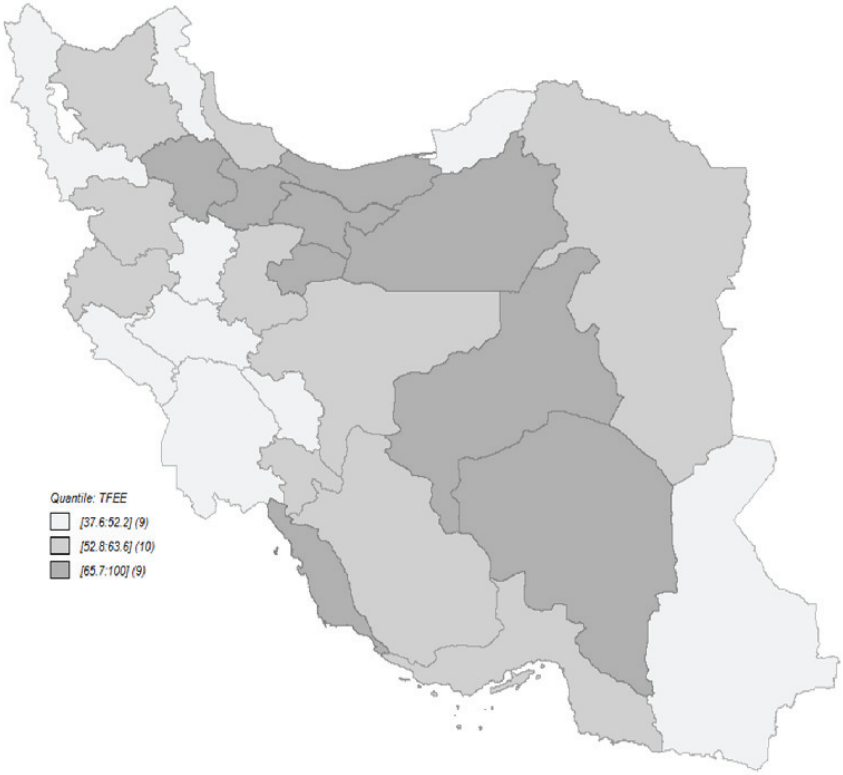
بلوک	۱	۲	۳
۱	۶۱,۷	۲۱	۱۷,۳
۲	۲۸,٤	۵٦,۸	۱٤,۸
۳	۸,۹	۲۰	۷۱,۱

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Quah (1993b)
2. Pekkala

در جدول (۳) مقادیر روی قطر ماتریس بیش‌ترین میزان را در هر سطر (باشگاه) دارند. این امر بیانگر این نکته است که احتمال ماندن هر استان در باشگاه قبلی خود بیشتر از احتمال انتقال به باشگاه بالاتر (کارایی بیشتر) و یا باشگاه پایین‌تر بوده است؛ بر مبنای جدول (۳) مقادیر به دست آمده برای احتمال انتقال بین باشگاه‌ها نسبت به برخی مطالعات صورت گرفته در کشورهای دیگر همچون مطالعه پان و همکاران (۲۰۱۵) در مورد کشور چین، بیشتر است. این امر می‌تواند ناشی از درجه همگنی بالاتر و اختلافات تکنولوژیکی و فاصله‌ای کمتر بین استان‌های ایران نسبت به آن مناطق باشد. اگرچه مقادیر احتمال انتقال بین باشگاه‌ها قابل توجه بوده اما ظرفیت و پتانسیل همگرایی در هر باشگاه وجود دارد. در باشگاه اول و سوم، احتمال جهش (جابه‌جایی بین دو باشگاه) به نحو قابل‌توجهی وجود داشته است. براساس جدول (۳) استان‌های قرارگرفته در باشگاه ۲، احتمال همگرایی کمتری نسبت به دو باشگاه دیگر دارند درحالی‌که که باشگاه سه بیش‌ترین احتمال همگرایی را دارد؛ بنابراین رابطه صریحی بین کارایی بالاتر و همگرایی بیشتر وجود ندارد.

در شکل (۲) متوسط کارایی انرژی بخش صنایع کارخانه‌ای در هر استان طی دوره ۹۲-۱۳۸۳ ترسیم شده، به گونه‌ای که مجموعه مقادیر به دست آمده برای استان‌ها با سه رنگ متفاوت با توجه به میزان کارایی نشان داده شده‌اند. مطابق شکل (۲) احتمال وجود وابستگی جغرافیایی در کارایی انرژی استان‌ها وجود دارد به گونه‌ای که با حرکت از استان‌های مرزی به سمت استان‌های مرکزی و شمالی هم‌جوار با تهران، کارایی انرژی افزایش یافته است.



شکل ۲- طبقه‌بندی استان‌ها بر حسب متوسط کارایی انرژی بخش صنایع کارخانه‌ای طی دوره ۹۲-۱۳۸۳

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس شکل (۲) اکثر مناطق ناکارا از استان‌های مرزی می‌باشند. همچنین از میان ۹ استان با بیش‌ترین میزان کارایی انرژی، ۶ استان، حداقل با دو استان با کارایی بالا همسایگی داشته و در جوار هم قرار دارند. این نکته اهمیت توجه به نقش بالقوه هم جواری و عوامل جغرافیایی و سرریزها در کارایی انرژی را نشان می‌دهد. در این راستا، مقادیر ماتریس مارکوف فضایی نیز محاسبه گردید که نتایج در جدول (۴) گزارش شده است (برای محاسبه وقفه فضایی، با استفاده از مختصات جغرافیایی، وزن‌ها بر اساس

فاصله مراکز استان‌ها از هم بر حسب کیلومتر تعیین شدند و به صورت سطری بین صفر و یک نرمالسازی شدند).

جدول ۴ – ماتریس مارکوف فضایی کارایی انرژی منطقه‌ای بخش صنعت طی دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲

وقفه فضایی	t_0	t_1		
		۱	۲	۳
۱	۱	۷۰,۶	۵,۹	۲۳,۵
	۲	۳۶,٤	۵۱,۵	۱۲,۱
	۳	۱۲,۹	۱٦,۱	۷۱
۲	۱	۵۷,۱	۲۵,۷	۱۷,۱
	۲	۲۰	٦۵	۱۵
	۳	۷,۷	۳۰,۸	٦۱,۵
۳	۱	٦۲,۱	۲٤,۱	۱۳,۸
	۲	۲۵,۹	۵۵,٦	۱۸,۵
	۳	۸,۸	۱۱,۸	۷۹,٤

منبع: یافته‌های تحقیق

با مقایسه جدول (۴) با جدول (۳) می‌توان به تأثیر ارتباطات جغرافیایی و هم جواری بر روی همگرایی کارایی انرژی در بخش صنعت پی‌برد. نتایج جدول (۴) حاکی از تغییر مقادیر احتمال انتقال همراه با تفاوت در نوع باشگاه کارایی انرژی در مناطق پیرامون است. مطابق این نتایج، بالاترین احتمال انتقال از باشگاه سوم به باشگاه دوم (اول) در حالت داشتن وقفه فضایی در باشگاه دوم (اول) وجود دارد. همچنین احتمال انتقال از باشگاه اول به باشگاه دوم (کارایی بالاتر) همراه با داشتن وقفه فضایی با کارایی بالاتر، افزایش می‌یابد. این امر بیانگر تأثیرپذیری مثبت مناطق با کارایی پایین از مناطق با کارایی بالاتر می‌باشد. احتمال انتقال از باشگاه دو به باشگاه سه نیز به طور کلی با وقفه فضایی بالاتر افزایش می‌یابد. همچنین احتمال ماندن در باشگاه دو، در حالت داشتن وقفه فضایی بالاتر (باشگاه ۳)، کاهش می‌یابد درحالی‌که احتمال انتقال به باشگاه

پایین‌تر افزایش می‌یابد. این موضوع بیانگر این نکته است که استان‌هایی که حد متوسطی از کارایی انرژی را در بخش صنعت خود دارند (باشگاه ۲) احتمال انتقال به باشگاه بالاتر یا پایین‌تر در آن‌ها همراه با افزایش وقفه فضایی افزایش‌یافته و همگرایی در آن‌ها کاهش می‌یابد. این امر لزوم برنامه‌ریزی بهتر و توجه به اثرات فضایی و همکاری‌های منطقه‌ای در این مناطق جهت افزایش کارایی انرژی را نشان می‌دهد. مقایسه حالت وقفه فضایی یک و سه در جدول (۴) با جدول (۳) نشان می‌دهد که حداکثر احتمال عدم انتقال یک استان در باشگاه سه (بیش‌ترین کارایی انرژی) در حالتی وجود دارد که وقفه فضایی آن نیز در باشگاه سه قرار داشته باشد. همچنین داشتن وقفه فضایی در باشگاه یک، احتمال افزایش نیافتن کارایی انرژی در یک استان با کارایی پایین (ماندن در باشگاه یک) را حداکثر می‌کند. این موضوع یک تفسیر فضایی را برای همگرایی باشگاهی فراهم می‌کند.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با عدم توازن آشکار و فزاینده بین عرضه و تقاضا انرژی، حفظ انرژی و بهبود کارایی آن، رویکردهای اصلی یک برنامه توسعه هماهنگ اقتصادی و انرژی هستند (گوانگ و زو[1]، ۲۰۱۵)؛ در این راستا، این مطالعه به طور ویژه روی کارایی انرژی در بخش صنعت (کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر) در سطح استانی متمرکز بوده است، به‌نحوی‌که ضمن محاسبه شاخص کارایی انرژی کل عوامل (TFEE)، وجود همگرایی باشگاهی بین آن‌ها و اثرات همجواری برآن. با بهره‌گیری از ماتریس احتمال انتقال مارکوف بررسی شده است. محاسبه کارایی انرژی و بررسی همگرایی آن می‌تواند با بررسی پویایی‌های کارایی انرژی و اختلافات بین استان‌ها جهت برنامه‌ریزی و ارزیابی سیاست‌های انرژی مؤثر باشد.

بر مبنای نتایج به دست آمده استان‌های بوشهر، سمنان و تهران بیش‌ترین و استان‌های آذربایجان غربی و ایلام کمترین میزان کارایی انرژی را در کارخانه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر داشتند. روند میانگین کارایی انرژی در بین استان‌ها، از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ روندی صعودی بوده اما از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹ این روند نزولی

1. Guan & Xu

شده است و در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ مجدداً افزایش یافته است. همچنین میزان انحراف معیار کارایی انرژی کارگاه‌های صنعتی در بین استان‌ها، به عنوان شاخصی برای همگرایی، ابتدا نزولی (همگرایی بیشتر) بوده اما از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ افزایش یافته (همگرایی کمتر) و سرانجام در سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است؛ بنابراین همگرایی کلی در بین استان‌ها روند ثابتی را طی ننموده و بایستی سیاست‌های مرتبط با افزایش کارایی انرژی و ایجاد زیرساخت‌های آن بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. با در نظر گرفتن سه باشگاه برای کارایی انرژی بر حسب میزان کارایی و محاسبه چندک‌ها، بررسی همگرایی باشگاهی توسط ماتریس انتقال مارکوف نیز نشان‌دهنده وجود همگرایی باشگاهی در بین استان‌ها بود، به‌نحوی‌که میزان پایداری در باشگاه‌های یک (کارایی کم) و سه (کارایی بالا) بیشتر از باشگاه میانه بود. نتایج ماتریس انتقال مارکوف فضایی نیز نشان‌دهنده تأثیر کارایی انرژی در استان‌های همسایه بر کارایی در هر استان است، به گونه‌ای که داشتن همسایگی با استان‌های با کارایی انرژی بالا، احتمال انتقال به باشگاه با کارایی بالاتر و یا ماندن در باشگاه با کارایی بالا را افزایش داده است؛ بنابراین بایستی ضمن افزایش همکاری‌های منطقه‌ای، سیاست‌های مرتبط با غنی‌سازی همسایه[1] را در استان‌های با کارایی انرژی بالا اجرایی نمود.

منابع

ابریشمی، حمید؛ علم الهدا، ندا؛ امیری، میثم (۱۳۸۶)، بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی در کشورهای اسلامی، مطالعات اقتصاد انرژی، دوره‌ی ۴، شماره‌ی ۱۵، صص ۳۴-۷.

اکبری، نعمت اله؛ خوش اخلاق، رحمان؛ دهقانی شبانی، زهرا (۱۳۹۰)، تحلیل منطقه‌ای رشد اقتصادی در ایران (با تأکید بر رهیافت 3D)، فصلنامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی، سال یازدهم، شماره‌ی دوم، صص ۱۰۶-۸۷.

بهبودی، داود؛ فلاحی، فیروز؛ شیبائی، امینه (۱۳۹۱)، بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی در منتخبی از کشورهای عضو OECD با رویکرد اقتصادسنجی فضایی، فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد کاربردی ایران، دوره‌ی یک، شماره‌ی ۳، صص ۸۰-۵۷.

1. Enrich the Neighbor

معاونت برنامه‌ریزی وزارت نیرو (۱۳۹۲)، ترازنامه‌ی انرژی ایران، تهران.

هژبر کیانی، کامبیز؛ نقیبی، محمد (۱۳۹۴)، برآورد موجودی سرمایه و بررسی کارایی روش‌های مختلف محاسبه آن در بخش‌های عمده اقتصادی ایران، فصلنامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی، سال ۱۵، شماره‌ی ۲، صص ۹۴-۷۳.

بانک مرکزی ج.ا. ایران، اداره حساب‌های اقتصادی WWW.CBI.IR.

سازمان سرمایه‌گذاری و کمک‌های اقتصادی و فنی ایران www.investiniran.ir/.

مرکز آمار ایران، WWW.AMAR.ORG.IR.

Adhikari, D., & Chen, Y. (2014). Energy Productivity Convergence in Asian Countries: A Spatial Panel Data Approach. *International Journal of Economics and Finance*, *6*(7), 94.

Andrews-Speed, P. (2009). China's ongoing energy efficiency drive: Origins, progress and prospects. *Energy policy*, *37*(4), 1331-1344.

Anon. Our common future. Oxford University Press, Oxford: World Commission on Environment and Development, 1987.

Apergis, N. (2015). Convergence in Public Expenditure Across a Sample of Emerging Countries: Evidence from Club Convergence. *Emerging Markets Finance and Trade*, *51*(3), 448-462.

Apergis, N., & Christou, C. (2016). Energy productivity convergence: new evidence from club converging. *Applied Economics Letters*, *23*(2), 142-145.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis.*Management science*, *30*(9), 1078-1092.

Çelen, A. (2013). Efficiency and productivity (TFP) of the Turkish electricity distribution companies: An application of two-stage (DEA&Tobit) analysis.*Energy Policy*, *63*, 300-310.

Chang, M. C. (2014). Energy intensity, target level of energy intensity, and room for improvement in energy intensity: An application to the study of regions in the EU. *Energy Policy*, *67*, 648-655.

De Siano, R., & D'Uva, M. (2006). Club convergence in European regions.*Applied Economics Letters*, *13*(9), 569-574.

Elhorst, J. P. (2010). Applied spatial econometrics: raising the bar. *Spatial Economic Analysis*, *5*(1), 9-28.

El-Montasser, G., Inglesi-Lotz, R., & Gupta, R. (2015). Convergence of greenhouse gas emissions among G7 countries. *Applied Economics*, *47*(60), 6543-6552.

Fallahi, F., & Voia, M. C. (2015). Convergence and persistence in per capita energy use among OECD countries: Revisited using confidence intervals.*Energy Economics*, *52*, 246-253.

Guan, W., & Xu, S. (2015). Spatial energy efficiency patterns and the coupling relationship with industrial structure: A study on Liaoning Province, China. *Journal of Geographical Sciences*, *25*(3), 355-368.

Herrerias, M. J. (2012). World energy intensity convergence revisited: A weighted distribution dynamics approach. *Energy Policy*, *49*, 383-399.

Honma, S., & Hu, J. L. (2008). Total-factor energy efficiency of regions in Japan. *Energy Policy*, *36*(2), 821-833.

Hu, J. L., & Kao, C. H. (2007). Efficient energy-saving targets for APEC economies. *Energy policy*, *35*(1),373-382.

Hu, J. L., & Wang, S. C. (2006). Total-factor energy efficiency of regions in China. *Energy policy*, *34*(17),3206-3217.

Li, K., & Lin, B. (2015). Measuring green productivity growth of Chinese industrial sectors during 1998–2011. *China Economic Review*, *36*, 279-295.

Liu, C. H., Lin, S. J., & Lewis, C. (2010). Evaluation of thermal power plant operational performance in Taiwan by data envelopment analysis. *Energy policy*, *38*(2), 1049-1058.

Manski, C. F. (1993). Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *The review of economic studies*, *60*(3), 531-542.

Mielnik, O., & Goldemberg, J. (2002). Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries. *Energy policy*, *30*(2), 87-89.

Özkara, Y., & Atak, M. (2015). Regional total-factor energy efficiency and electricity saving potential of manufacturing industry in Turkey. *Energy*, *93*, 495-510.

Pan, H., Zhang, H., & Zhang, X. (2013). China's provincial industrial energy efficiency and its determinants. *Mathematical and Computer Modelling*,*58*(5), 1032-1039.

Pan, X., Liu, Q., & Peng, X. (2015). Spatial club convergence of regional energy efficiency in China. *Ecological Indicators*, *51*, 25-30.

Pekkala, S. (2000). Aggregate economic fluctuations and regional convergence: the Finnish case 1988-95. *Applied Economics*, *32*(2), 211-219.

Pu, Y. X., Ma, R. H., Ge, Y., & Huang, X. Y. (2005). Spatial-temporal dynamics of regional convergence at county level in Jiangsu. *Chinese Geographical Science*, *15*(2), 113-119.

Quah, D. (1993). Empirical cross-section dynamics in economic growth.*European Economic Review*, *37*(2), 426-434.

Quah, D. (1993). Empirical cross-section dynamics in economic growth.*European Economic Review*, *37*(2), 426-434.

Quah, D. (1993b). Galton's fallacy and tests of the convergence hypothesis.*The Scandinavian Journal of Economics*, 427-443.

Quah, D. T. (1996). Twin peaks: growth and convergence in models of distribution dynamics. *The economic journal*, 1045-1055.

Quah, D. T. (1996,b). Regional convergence clusters across Europe. *European economic review*, *40*(3), 951-958.

Reboredo, J. C. (2015). Renewable energy contribution to the energy supply: Is there convergence across countries?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *45*, 290-295.

Riccardi, R., Oggioni, G., & Toninelli, R. (2012). Efficiency analysis of world cement industry in presence of undesirable output: application of data envelopment analysis and directional distance function. *Energy Policy*, *44*, 140-152.

Wang, Z., & Feng, C. (2015). Sources of production inefficiency and productivity growth in China: A global data envelopment analysis. *Energy Economics*, *49*, 380-389.

Yu, H. (2012). The influential factors of China's regional energy intensity and its spatial linkages: 1988–2007. *Energy Policy*, *45*, 583-593.

Yuxiang, K., & Chen, Z. (2010). Government expenditure and energy intensity in China. *Energy Policy*, *38*(2), 691-694.

An Appraisal of Spatial Club Convergence of Iran's Province-level Industrial Energy Efficiency

Zahra Karimi Takanlu
Department of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Seyed Kamal Sadeghi
Department of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Mohsen Pourebadollahan Covich
Department of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Seyed Mehdi Mousavian[1]
Department of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran, me.mousavian@gmail.com
Received: 2016/03/06 Accepted: 2016/11/21

Abstract

Measurement and analysis of regional energy efficiency convergence have important policy implications for sustainable development and regional programming. The aim of this study is to analyze the convergence of province-level industrial energy efficiency in Iran, over the period of 2004 to 2013. We adopt the data envelopment analysis method (DEA) to calculate the total-factor energy efficiency (TFEE) of Iran's provincial industrial energy efficiency. We then use the Transition probability matrix of Markov and Matrix of spatial Markov transition probability, to study club convergence and spatial club convergence. Our results indicate that Bushehr, Semnan and Tehran provinces had the highest levels of energy efficiency in their industrial sectors while West Azerbaijan and Ilam provinces had the least energy efficiency. In addition, the results suggest that province-level industrial energy efficiency in Iran is characterized by "club convergence". This means that a high-efficiency spatial lag increases the probability of transmission to the high-efficiency club. Thus increasing regional cooperation between provinces with high efficiency and their neighboring provinces can have a positive impact on their efficiency.

JEL Classification: P18 ،Q4 ،D61
Keywords: Efficiency, Energy, Spatial Club Convergence, Industry

1- Corresponding Author