Winter (2024) 7(26): 1-16
DOI: 10.30473/jier.2024.70604.1443
Received: 16 Feb 2024 Accepted: 11 May 2024

Industrial Economics Researches
Open Access

ORIGINAL ARTICLE

Spatial Analysis of Energy Consumption Components in the Provinces of Iran

Saeed Rasekhi

Professor in Economics, Department of Energy Economics, University of Mazandaran, Mazandaran, Iran.

Correspondence
Saeed Rasekhi
Email: srasekhi@umz.ac.ir

ABSTRACT

Identification and analysis of energy consumption components can provide opportunities to optimize energy consumption, especially if combined with spatial analysis. The main purpose of the present research is to analyze the spatial panel of the determining factors of energy consumption components (activity, intensity and structure) for 31 provinces of Iran. For this purpose, first, with the factor analysis approach, energy consumption was decomposed by using the latest available data during the period of 2011-2017, and then, using spatial panel data regression, the determining factors of the components of energy consumption in the provinces were investigated. Based on the findings, firstly, Spatial Durbin Model has been selected as the optimal spatial model. Secondly, value added(activity index), industry share(structure index) and urbanization share have direct and significant spillover effects on energy consumption components. The positive effect of industry's share on structural and intensity components can be caused by changing the economic structure towards energy-intensive and low-tech activities. As expected, technical efficiency has a negative and significant effect on the intensity component of energy consumption, and in this regard, spatial effects have strengthened the direct effect. Based on the results, it is recommended to pay attention to the spatial structure of the provinces in energy planning. Secondly, it is recommended to improve the efficiency of economic activities and human capital. Emphasizing the intensity and structural components in order to reduce energy consumption can neutralize the positive effects of variables such as urbanization.

KEYWORDS

Factor Analysis, Energy Consumption Components, Spatial Econometrics, Data Envelope Analysis, Logarithmic Mean Divisia Index, Provinces of Iran.
JEL Classification: L_{16}, O_{13}, Q_{41}, Q_{47}.

How to cite
Rasekhi, S. (2024). Spatial Analysis of Energy Consumption Components in the Provinces of Iran. Industrial Economics Researches, 7(26), 1-16.

© 2023, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

سال هفتم، شماره بیست‌وششم، زمستان ۱۴۰۲ (۱۶-۱)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۲

DOI: 10.30473/jier.2024.70604.1443

نشریه علمی

پژوهش‌های اقتصاد صنعتی

«مقاله پژوهشی»

تحلیل فضایی مولفه‌های مصرف انرژی در استان‌های ایران

سعید راسخی

استاد اقتصاد، دانشگاه مازندران، گروه اقتصاد انرژی، مازندران، ایران.

نویسنده مسئول:
سعید راسخی
رایانامه: srasekhi@umz.ac.ir

چکیده

شناسایی و تحلیل مولفه‌های مصرف انرژی می‌تواند فرصت‌هایی را برای بهینه‌سازی مصرف انرژی فراهم کند به‌ویژه اگر همراه با تحلیل فضایی باشد. هدف اصلی تحقیق حاضر تحلیل تابلویی فضایی عوامل تعیین‌کننده مولفه‌های مصرف انرژی (فعالیتی، شدتی و ساختاری) برای ۳۱ استان ایران می‌باشد. برای این منظور، نخست با رویکرد تحلیل عاملی، مصرف انرژی با به‌کارگیری آخرین داده های قابل دسترس طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۰ تجزیه شده و سپس، با استفاده از رگرسیون داده های تابلویی فضایی، عوامل تعیین‌کننده مولفه‌های مصرف انرژی استان‌های کشور بررسی شده است. براساس یافته‌های این مطالعه، اولاً مدل دوربین فضایی به‌عنوان مدل فضایی مطلوب انتخاب شده است. ثانیاً ارزش افزوده (شاخص فعالیت)، سهم صنعت (شاخص ساختار) و سهم شهرنشینی دارای اثرات مستقیم و سرریز معنادار بر مولفه‌های مصرف انرژی هستند. اثر مثبت سهم صنعت بر مولفه‌های ساختاری و شدتی می‌تواند ناشی از تغییر ساختار اقتصادی در جهت فعالیت‌های انرژی بر و با تکنولوژی پایین باشد. کارایی فنی نیز طبق انتظار اثر منفی و معنادار بر مولفه شدتی مصرف انرژی دارد و در این رابطه اثرات فضایی نیز اثر مستقیم را تقویت کرده است، براساس نتایج به‌دست آمده توصیه می‌شود اولاً در برنامه‌ریزی انرژی به ساختار فضایی استان‌ها توجه شود. ثانیاً توصیه می‌شود کارایی فعالیت‌های اقتصادی و سرمایه انسانی ارتقاء یابد. تاکید بر مولفه‌های شدتی و ساختاری در جهت کاهش مصرف انرژی می‌تواند اثرات مثبت متغیرهایی نظیر شهرنشینی را خنثی کند.

واژه‌های کلیدی

تحلیل عاملی، مولفه‌های مصرف انرژی، اقتصادسنجی فضایی، تحلیل پوششی داده‌ها، دیویژیا میانگین لگاریتمی، استان‌های ایران.

طبقه‌بندی JEL: L_{16}, O_{13}, Q_{41}, Q_{47}.

استناد به این مقاله:

راسخی، سعید (۱۴۰۳). تحلیل فضایی مولفه‌های مصرف انرژی در استان‌های ایران. ۷(۲۶)، ۱۶-۱.

https://indeco.journals.pnu.ac.ir/

۱. مقدمه

استفاده از منابع انرژی اثرات متفاوتی بر رفاه اقتصادی می‌گذارد. از یک‌سو، انرژی مثل کار، عامل تولید حیاتی برای تولید کالا و خدمات است و بدون انرژی امکان فعالیت‌های اقتصادی وجود ندارد. از سوی دیگر، استفاده بی‌رویه از منابع نه تنها موجب تخلیه منابع و کاهش ثروت طبیعی و موجودی عوامل کشور می‌شود بلکه تبعات منفی محیط‌زیستی نیز به همراه دارد. صنعتی‌شدن نیز به افزایش پیامدهای محیط‌زیستی منجر شده است(راسخی و خدام‌الحسینی، ۱۴۰۲). بر این اساس، شناسایی عوامل تعیین‌کننده استفاده از منابع پایان‌پذیر حائز اهمیت است. در این چارچوب، اگرچه توسعه فعالیت‌های اقتصادی موجب افزایش مصرف انرژی می‌شود ولی توسعه تکنولوژی و افزایش بهره‌وری می‌تواند به کاهش شدت مصرف انرژی بینجامد. طی زمان، طی فرایند توسعه اقتصادی اجتماعی، ساختارهای اقتصادی متحول شده و تغییر سهم بخش‌های اقتصادی می‌تواند شدت انرژی را تغییر دهد. البته اگر ساختار اقتصادی به‌گونه‌ای تغییر یابد که مصرف انرژی بر میزان تولید پیشی گیرد، شدت انرژی افزایش می‌یابد (ژانگ و وانگ[1]، ۲۰۲۱).

براساس داده‌های اداره اطلاعات انرژی، ایران در رابطه با ذخائر نفت، بعد از ونزوئلا، عربستان سعودی و کانادا، مکان چهارم را به خود اختصاص داده است(بابایی و همکاران[2]، ۲۰۲۳). در رابطه با گاز طبیعی نیز ایران با دارا بودن حدود ۱۶ درصد ذخائر جهانی، در رتبه دوم جهانی قرار دارد (اخلاقی و همکاران[3]، ۲۰۲۳). علیرغم این مطب، بخش زیادی از تولید انرژی مصرف می‌شود و روند صعودی مصرف و شدت انرژی ناشی از عوامل متعدد به‌ویژه سطح پایین کارایی تولید و مصرف انرژی، تکنولوژی فرسوده، بهره‌وری پایین عوامل تولید، شهرنشینی و سبک زندگی نامناسب، قیمت پایین انرژی، رشد اقتصادی و افزایش جمعیت می‌باشد. بدیهی است با توجه به ذخائر محدود انرژی و همچنین نیاز به ارزآوری از صادرات مستقیم و غیرمستقیم انرژی، این وضعیت نمی‌تواند ادامه پیدا کند.

محاسبات مطالعه حاضر نشان می‌دهد وضعیت شدت انرژی استان‌های ایران مشابه شدت انرژی کشور می‌باشد.[4] براساس محاسبات انجام شده طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۳ و به‌طور متوسط، استان‌های خوزستان، تهران، اصفهان و بوشهر به ترتیب با حدود ۱۳.۲، ۱۱.۹، ۹.۳ و ۸ درصد بالاترین مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل، طی دوره مورد بررسی، استان‌های خراسان شمالی، چهار محال و بختیاری، خراسان جنوبی، ایلام و کهگیلویه و بویر احمد کمتر از یک درصد از مصرف کل انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. محاسبات تحقیق حاضر نشان می‌دهد روند شدت انرژی کشور طی دوره زمانی مورد بررسی صعودی بوده است به‌گونه‌ای که شدت انرژی از حدود ۰.۱۸ بشکه به ازای هر میلیون ریال در سال ۱۳۹۰ به حدود ۰.۲۳ بشکه برای هر میلیون ریال(ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۹۰) افزایش یافته‌است. همچنین، متوسط شدت انرژی کشور طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۳ حدود ۰.۲ بشکه به ازای هر میلیون ریال(تولید به قیمت ثابت ۱۳۹۰) محاسبه شده است. محاسبه میانگین هندسی شدت انرژی برای استان‌های کشور طی دوره مورد بررسی نشان می‌دهد به غیر از دو استان خراسان جنوبی(۲.۴- درصد) و هرمزگان(۲.۰۸- درصد)، سایر استان‌ها با افزایش شدت انرژی مواجه شده‌اند. طی دوره مورد مطالعه، بیشترین رشد شدت انرژی مربوط به قم(۱۷.۲ درصد)، کرمان(۱۰.۷ درصد)، لرستان(۹.۵ درصد) و قزوین(۹ درصد) بوده است.

محاسبات این پژوهش در رابطه با اثر فعالیتی، نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۵، چهار استان بوشهر، خوزستان، ایلام و سمنان در رتبه‌های اول تا چهارم قرار دارند. این اثر نشان‌دهنده روند مصرف انرژی در مسیر رشد اقتصادی می‌باشد. در سال مذکور و در رابطه با اثر ساختاری، استان‌های سمنان، قزوین، چهار محال و بختیاری و البرز در رتبه‌های اول تا چهارم قرار دارند. این اثر نشانگر تغییرات ساختار اقتصادی و تغییر سهم بخش‌های اقتصادی است. در رابطه با اثر شدتی در سال مورد بررسی، استان خراسان جنوبی در جایگاه نخست و استان‌های خراسان رضوی، مرکزی و کرمان نیز در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. اثر شدتی نشانگر استفاده کاراتر از انرژی در فرایند تولید و مصرف می‌باشد. حال سؤال این است که چه عواملی بر مولفه های شدت انرژی استان‌های کشور موثر هستند؟

برای پاسخ به سؤال یاد شده در این تحقیق، عوامل تعیین‌کننده مولفه های مصرف انرژی(فعالیتی، ساختاری و شدتی) در استان‌های ایران مورد آزمون قرار گرفته است. برای این منظور از داده‌های تابلویی ۳۱ استان کشور طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ بر اساس

1. Zhang & Wang
2. Babaie Pirouziana, et al.
3. Akhlaghim et al.

۴. محاسبات بر اساس ریزداده‌های ترازنامه‌های انرژی سال‌های مختلف، قابل دسترس در سامانه وزارت نیرو (https://pep.moe.gov.ir) انجام شده است.

حداکثر ریزداه‌های قابل دسترس به ویژه برای محاسبات تجزیه شدت انرژی استفاده شده است. لازم به ذکر است که براساس بررسی‌های نگارنده، مطالعه‌ای درباره عوامل موثر بر انواع شدت انرژی در استان‌های ایران یافت نشده است. تحلیل فضایی این عوامل دیگر نوآوری این مطالعه است.

ساختار مقاله در ادامه به این صورت می‌باشد که در بخش دوم، ادبیات تحقیق ارائه می‌شود. در بخش سوم، روش‌شناسی تحقیق آمده است. بخش چهارم به برآورد مدل و تحلیل نتایج اختصاص دارد. در نهایت، جمع‌بندی و پیشنهادات تحقیق ارائه می‌شود.

۲. ادبیات تحقیق

مصرف بی‌حد و حصر انرژی موجب افزایش فزاینده مشکلات محیط‌زیستی و تخلیه منابع شده است. با مطرح شدن اهمیت بهره‌وری انرژی از دهه ۱۹۷۰، مطالعات به شدت انرژی و عوامل تعیین‌کننده آن معطوف گردید. محققان با هدف کاهش شدت انرژی و افزایش بهره‌وری منابع انرژی، دلایل تغییر شدت انرژی را مورد بررسی قرار دادند. در این راستا از اواخر ۱۹۷۰، مصرف انرژی به مولفه‌های آن تجزیه گردید و براساس این مولفه‌ها، عوامل موثر بر مصرف انرژی شناسایی شدند. به‌طور معمول و با ثابت بودن سایر عوامل همچون تکنولوژی و الگوی مصرف، مصرف انرژی با افزایش فعالیت‌های اقتصادی افزایش می‌یابد(اثر فعالیتی).[۱] این درحالی است که در فرایند توسعه‌یافتگی، بخش‌های اقتصادی دچار تحول شده و الگوی رفتاری مصرف‌کنندگان نیز به دلایل اقتصادی و اجتماعی تغییر می‌کند که نتیجه آن، تغییر مصرف انرژی است(اثر ساختاری). انتظار می‌رود با تغییر ترکیب مصرف‌کنندگان انرژی و کاهش سهم بخش‌های کمتر(بیشتر) انرژی بر، مصرف انرژی در سطوح مختلف اقتصادی کاهش(افزایش) یابد. تغییرات تکنولوژی به دو شکل روی مصرف انرژی موثر است: بهبود فرایندهای تولید فعلی و ایجاد محصول جدید. بهبود فرایندهای تولیدی به معنای افزایش بازده و بهره‌وری عوامل تولید از جمله انرژی می‌باشد. از طرف دیگر، خلق محصول جدید بسته به انرژی بری آن، به افزایش یا کاهش مصرف انرژی منجر می‌شود. در مجموع، انتظار می‌رود اثر شدتی با بهبود تکنولوژیکی موجب کاهش شدت مصرف انرژی شود.

تقاضای انرژی از بهینه‌سازی مصرف‌کننده یا تولیدکننده استخراج می‌شود. با این بهینه‌سازی، تقاضای شرطی[۲] انرژی تابعی از قیمت انرژی و میزان فعالیت اقتصادی به‌دست می‌آید. با افزایش قیمت انرژی انتظار می‌رود عوامل اقتصادی برای کاهش هزینه‌های انرژی، مقدار تقاضای انرژی را کاهش دهند. همچنین، توسعه فعالیت‌های اقتصادی به عوامل تولید از جمله انرژی نیاز دارد و بر این اساس، انتظار می‌رود با گسترش فعالیت‌های اقتصادی و رشد اقتصادی، میزان تقاضای انرژی افزایش یابد. در استخراج تابع تقاضای انرژی فرض می‌شود سایر عوامل ثابت و داده شده هستند. به عنوان نمونه، فرض می‌شود ساختار اقتصادی، سطح تکنولوژی، جمعیت شهرنشین، سطح درآمد و سرمایه فیزیکی و انسانی داده شده است. ساختار اقتصادی به عنوان انتقال از اقتصاد سنتی به توسعه‌یافته درنظر گرفته می‌شود(سرکوئین و چنری[۳]، ۱۹۸۹). تغییر ساختار تولید می‌تواند اثرات متفاوتی بر مولفه‌های مصرف انرژی و بنابراین، بر کل مصرف انرژی داشته باشد. در صورتی که با انتقال، اقتصاد به سمت بخش‌های کمتر انرژی‌بر و با تکنولوژی بالاتر حرکت کند، انتظار می‌رود اثرات ساختاری و شدتی مصرف انرژی منفی باشد و در صورتی که این مولفه‌ها بر اثر فعالیتی غلبه کنند، انتظار می‌رود کل مصرف انرژی روند کاهشی داشته باشد. جونز[۴] (۲۰۰۴) ساختار تولیدی را یکی از مهمترین عوامل موثر بر مصرف انرژی درنظر می‌گیرد. همین عامل موجب می‌شود مصرف انرژی مناطق مختلف، متفاوت از یکدیگر باشد. البته تولید هر منطقه به تولید مناطق دیگر وابسته است(توبلر[۵]، ۱۹۷۰) و مناطق همجوار اثر بیشتری بر یکدیگر دارند. همچنین رشد اقتصادی یک منطقه می‌تواند به عنوان الگویی برای مناطق دیگر درنظر گرفته شود و همین موضوع به رشد اقتصادی و بنابراین، تغییر مصرف انرژی این مناطق بینجامد. اثر درآمد سرانه بر مصرف انرژی می‌تواند اثرات متفاوتی داشته باشد به‌گونه‌ای که از یک‌سو، تقاضای انرژی را از کانال قدرت خرید افزایش می‌دهد و از سوی دیگر، در راستای رفع نیازهای اولیه و آگاهی بیشتر از اهمیت مسائل محیط‌زیست، مصرف انرژی سیر نزولی طی می‌کند(اثر کوزنتس[۶]). شهرنشینی نیز اثر متفاوتی بر مصرف انرژی دارد و از یک‌سو موجب افزایش تقاضا برای حمل و نقل و دیگر فعالیت‌های انرژی‌بر شده و مصرف انرژی را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر، به دلیل ایجاد اثر مقیاس[۷]، می‌تواند موجب کاهش مصرف انرژی گردد. در مجموع انتظار

---

۱. برای مطالعه بیشتر درباره مولفه‌های شدت انرژی به Bhattacharyya(2011) مراجعه کنید.

2. Condtitional demand
3. Syrquin & Chenery
4. Jones
5. Tobler
6. Kuznets effect
7. Scale effect

می‌رود گسترش فعالیت‌های اقتصادی از طریق مولفه فعالیتی باعث افزایش مصرف انرژی شود. درحالی‌که تغییر مصرف انرژی تنها به دلیل گسترش فعالیت‌های اقتصادی نیست و تابعی از تغییرات تکنولوژی و کارایی فنی می‌باشد به‌گونه‌ای که ارتقای فنی و کیفی فعالیت‌ها می‌تواند به کاهش مصرف انرژی منجر شود. همچنین، اگر در مسیر توسعه‌یافتگی، سهم صنعت کمتر انرژی‌بر افزایش یابد انتظار می‌رود مصرف انرژی کاهش یابد. در مقابل، توسعه فعالیت‌های اقتصادی همراه با افزایش سهم بخش‌های انرژی‌بر و با تکنولوژی پایین می‌تواند به شدت مصرف بالاتر انرژی بینجامد.

مطالعات متعددی درباره عوامل تعیین‌کننده مصرف و شدت انرژی انجام شده است که در این رابطه می‌توان به ابونوری و نیکبان (۱۳۸۸)، بهبودی و همکاران (۱۳۸۹)، راسخی و سلمانی (۱۳۹۲)، آرمن و تقی‌زاده(۱۳۹۲)، درگاهی و بیابانی خامنه(۱۳۹۵)، راسخی و همکاران(۱۳۹۵)، بیسادی و همکاران(۱۳۹۹)، ابراهیمی و همکاران(۱۴۰۰) و سلطانی و همکاران(۱۴۰۱) و موسوی و محمدیان(۱۴۰۱) اشاره کرد. مطالعات محدودی عوامل تعیین‌کننده شدت مصرف انرژی استان‌های ایران را بررسی کرده‌اند که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. بهمنی و همکاران(۱۳۹۳) با به‌کارگیری اقتصادسنجی فضایی، عوامل موثر بر مصرف انرژی بخش خانگی استان‌های ایران را طی دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۸۱ برآورد کردند و نشان دادند که مصرف انرژی نسبت به قیمت بسیار کم کشش و نسبت به سطح درآمد سرانه خانوار و جمعیت باکشش می‌باشد و با افزایش بعد خانوار، مصرف انرژی کاهش می‌یابد. همچنین، سیف و حمیدی رزی(۱۳۹۵) اثر شاخص‌های منتخب دانش بنیان بر شدت انرژی استان‌های کشور را طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۹ بررسی کردند. آنان با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته(GLS) به این نتیجه دست یافتند که ضریب نفوذ اینترنت و شدت مشترکان تلفن‌های همراه به ترتیب اثر منفی و معنادار و مثبت و غیرمعنادار بر شدت انرژی استان‌های کشور داشته‌اند ولی با توجه به این مطالعه و در مجموع، شاخص اقتصاد دانش بنیان موجب کاهش انرژی بری تولید استان‌ها شده است. کفایی و خسروی(۱۳۹۶)، همگرایی بهره‌وری انرژی استان‌های ایران را مورد آزمون قرار دادند. براساس نتایج این مطالعه که با رویکرد فضایی و داده‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۰ حاصل شده است، همگرایی بتای شرطی تایید شده ولی همگرایی سیگما تایید نشده است. سیف و حمیدی رزی(۱۳۹۶) با استفاده از اقتصادسنجی فضایی طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۷۹، عوامل موثر بر شدت انرژی استان‌های کشور را بررسی کرده و به این نتیجه دست یافتند که کشش خودرگرسیون فضایی شدت مصرف انرژی بین استان‌های کشور را ۰.۵۵ به‌دست آوردند. نویسندگان عنوان کرده‌اند که برای کاهش شدت مصرف انرژی در استان‌های کشور باید منطقه‌ای عمل شود. صادقی و همکاران(۱۳۹۷) با روش میانگین شاخص دیویژیا در سال ۱۳۹۰، عملکرد مصرف انرژی استان‌های ایران را مورد بررسی قرار داده و استان‌های کشور را براساس مولفه‌های شدتی، فعالیتی و ساختاری رتبه‌بندی کرده‌اند. دهقان و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از مدل خطای فضایی در داده‌های تابلویی، طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۱ اثر شهرنشینی بر مصرف انرژی ۲۸ استان کشور را بررسی کرده و به رابطه U وارون میان شهرنشینی و مصرف انرژی دست یافته‌اند. براساس این مطالعه، عاشوری و همکاران(۱۳۹۸) عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران را طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ با رویکرد میانگین‌گیری بیزی بررسی کرده‌اند. براساس این مطالعه، سهم بخش خدمات از تولید، نسبت صادرات به تولید، سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، درآمد سرانه، قیمت انرژی، تعداد ماه‌های گرم سال، سرمایه سرانه نیروی‌کار، تعداد ماه‌های سرد سال و نرخ رشد جمعیت به ترتیب از مهمترین عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران هستند. منظور(۱۴۰۲) تغییرات شدت انرژی صنایع استان‌های کشور را طی دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۴ تجزیه و تحلیل کرده است. وی توصیه کرده است که قیمت حامل‌های انرژی متناسب با تورم اصلاح شود و فناوری کاراتر در صنایع انرژی‌بر به‌کار گرفته شود و مدیریت و استانداردهای مصرف انرژی ارتقاء یابد.

مطالعات بین‌المللی زیادی درباره شدت مصرف انرژی انجام شده است که به عنوان نمونه می‌توان به کل[1](۲۰۰۶)، لیو و هان[2] (۲۰۰۸)، آدوم[3] (۲۰۱۵)، بلومی و الشهری[4](۲۰۱۶)، ژانگ و وانگ[5] (۲۰۲۱)، وانگ و همکارن[6](۲۰۲۲)، ژانگ و همکاران[7] (۲۰۲۲)، گوروش و کاراگول[8](۲۰۲۲) اشاره کرد. خلاصه مطالعاتی که مصرف انرژی را در سطح استانی بررسی کرده‌اند در ادامه ارائه شده است. وو[9](۲۰۰۹) روند همگرایی بهره‌وری انرژی در ۲۹ استان چین طی

1. Cole
2. Liu and Han
3. Adom
4. Belloumi and Alshehry
5. Zhang and Wang
6. Wang et al.
7. Zhang et al.
8. Gorus and Karagol
9. Wu

دوره زمانی ۲۰۰۴–۱۹۹۵ را بررسی کرد. این مطالعه با به‌کارگیری روش اقتصادسنجی فضایی، شواهدی از همگرایی طی دوره زمانی ۱۹۹۹–۱۹۹۵و واگرایی طی دوره زمانی ۲۰۰۰–۲۰۰۴ برای استان‌های چین ارائه می‌کند. بلازکوز و همکاران[1](۲۰۱۳) مصرف برق خانگی استان‌های اسپانیا را با لحاظ کردن اثرات فضایی بررسی کردند. آنان با استفاده از داده‌های ۴۶ استان اسپانیا طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ و به‌کارگیری مدل خودرگرسیونی فضایی به کشش درآمدی نسبتاً بالا و کشش قیمتی نسبتاً پایین دست یافتند. همچنین براساس این تحقیق، اثرات فضایی مصرف برق خانگی در استان‌های مورد بررسی تایید شده است. الیوت و همکاران[2] (۲۰۱۳) با بررسی رابطه شدت مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری خارجی در چین، به رابطه غیرخطی بین شدت مصرف انرژی و درآمد شهری دست یافتند. الیوت و همکاران(۲۰۱۴) تاثیر صنعتی شدن، شهرنشینی و درآمد سرانه بر شدت انرژی را با استفاده از داده‌های تابلویی متوازن در ۲۹ استان کشور چین طی سال‌های ۱۹۹۷ تا۲۰۱۰ را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شهرنشینی اثر کمی بر شدت انرژی دارد. به‌طور مشابه، درآمد سرانه دارای تاثیر منفی و کم و یا هیچ تاثیری بر شدت انرژی ندارد. همچنین براساس نتایج این تحقیق، شاخص صنعتی شدن نیز طبق انتظارات دارای اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی می‌باشد. جیانگ و همکاران[3](۲۰۱۷) کارایی انرژی استان‌های چین را با روش داده‌های تابلویی فضایی بررسی کردند. آنان با استفاده از داده‌های ۲۹ استان چین طی دوره زمانی ۲۰۱۱–۲۰۰۳، به این نتیجه رسیدند که کارایی انرژی طی دوره مورد بررسی درحال افزایش بوده و در این رابطه، درآمد سرانه و سرمایه‌گذاری خارجی، چگالی جمعیت و سهم بنگاه‌های دولتی بر کارایی انرژی موثر بوده‌اند. بائو و لیو[4] (۲۰۱۹) تغییرات مصرف برق استان‌های چین را طی دوره زمانی ۲۰۱۵–۲۰۰۰ مورد بررسی قرار دادند. آنان با روش تحلیل فضایی به این نتیجه دست یافتند که تفاوت زیادی در مولفه‌های تغییر مصرف برق در میان استان‌های چین وجود دارد. ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) اثرات فضایی رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی را برای استان‌های چین طی دوره زمانی ۲۰۱۸–۲۰۰۸ بررسی کردند. آنان به این نتیجه رسیدند که رشد متغیرهای تحقیق دارای همبستگی فضایی هستند. آکارسو و برکه[5] (۲۰۲۰) همگرایی مصرف برق استان‌های ترکیه را طی دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳ بررسی کردند. این تحقیق با استفاده از روش داده‌های تابلویی فضایی انجام شده و در آن، همگرایی بتا در رابطه با مصرف سرانه برق میان استان‌های ترکیه تایید شده است. هاو و وو[6](۲۰۲۰) با به‌کارگیری مدل دوربین فضایی طی دوره زمانی ۲۰۱۷–۲۰۰۶ برای استان‌های چین، اثر توسعه اینترنت را بر شدت انرژی بررسی کرده و به اثر منفی توسعه ارتباطات و اطلاعات بر شدت انرژی دست یافتند. لانگ و همکاران[7](۲۰۲۰) شدت انرژی ۳۰ استان چین را بررسی و با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی، عوامل موثر بر آن را بررسی کردند. براساس این تحقیق، تراکم فضایی[8] در شدت انرژی تایید شده و ساختار صنعتی، ساختار انرژی، شهرنشینی، درآمد، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، توسعه فناوری و مخارج بهداشتی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی محسوب شده است. ژائو[9] و همکاران(۲۰۲۱) همبستگی فضایی میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و محیط اکولوژیکی را برای استان‌های چین طی دوره زمانی ۲۰۱۹–۲۰۰۸ بررسی کردند و این همبستگی فضایی را مورد تایید قرار دادند. مزایانه و همکاران[10](۲۰۲۲) با استفاده از مدل اثرات تصادفی با رگرسیون جمعیت، ثروت و فناوری (STIRPAT)[11]، چگالی جمعیت و مصرف انرژی را برای استان‌های اندونزی مورد بررسی قرار دادند. آنان با استفاده از داده‌های ۳۳ استان اندونزی طی دوره زمانی ۲۰۱۸–۲۰۱۰ به این نتیجه رسیدند که چگالی جمعیت اثر مثبت بر مصرف انرژی دارد. قارحاسان و پینار[12](۲۰۲۲) منحنی کوزنتس محیطزیستی را برای استان‌های ترکیه مورد بررسی قرار دادند. آنان با استفاده از داده‌های سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۹ و روش اقتصادسنجی فضایی به منحنی کوزنتس U شکل میان توسعه اقتصادی و آلودگی دست یافتند. همچنین براساس این مطالعه، همبستگی فضایی میان چگالی جمعیت، تولید سرانه و مصرف انرژی وجود دارد. وانگ و لیو[13] (۲۰۲۳) همبستگی فضایی مصرف انرژی تجدیدپذیر(REC) و عوامل موثر بر آن را برای ۳۱ استان چین بررسی کرده و براساس داده‌های سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰، به این نتیجه رسیدند که مصرف انرژی تجدیدپذیر چین دارای ساختار شبکه همبستگی فضایی است.

1. Blázquez, et al.
2. Elliott et al.
3. Jiang et al.
4. Bao and Liu
5. Akarsu and Berke
6. Hao and Wu
7. Long, et al.
8. Spatial agglomeration
9. Zhao, et al.
10. Muzayanah, et al.
11. Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology (STIRPAT)
12. Karahasan and Pinar
13. Wang and Liu

کی و همکاران[1](۲۰۲۳) با به‌کارگیری تحلیل خودهمبستگی فضایی و داده‌های سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۷، ارتباط میان مصرف برق و توسعه اقتصادی را در استان‌های چین بررسی کرده و به این نتیجه دست یافتند که ارتباط فضایی میان متغیرها برای مناطق مختلف چین و طی مراحل مختلف توسعه اقتصادی بسیار متفاوت است. اویسی و حسین‌زاده[2](۲۰۲۳) تغییرات ساختار تولید و مصرف گاز طبیعی استان‌های ایران را طی دوره زمانی ۲۱۸-۲۰۰۷ بررسی کردند. آنان با به‌کارگیری روش اقتصادسنجی فضایی، نتیجه گرفتند که اثرات مستقیم تمامی متغیرهای تحقیق شامل GDP، صنعتی شدن، شهرنشینی و تغییر ساختار تولید مثبت و معنادار است در حالی که اثر مستقیم قیمت گاز طبیعی منفی و معنادار می‌باشد.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد شدت مصرف انرژی به عوامل مختلفی همچون تولید، تکنولوژی، ساختار جمعیت، سرمایه‌گذاری و ساختار اقتصادی بستگی دارد. برخی از مطالعات، اثرات فضایی را نیز آزمون کرده‌اند و اثرات سرریز را مورد تایید قرار داده‌اند. در عین‌حال، پژوهش حاضر از آن جهت که عوامل موثر بر مولفه های مصرف انرژی را تحلیل کرده و این تحلیل نیز به صورت فضایی و در سطح استانی انجام شده است، متمایز از سایر مطالعات داخلی و خارجی می‌باشد.

۳. روش شناسی تحقیق

هدف اصلی پژوهش حاضر تحلیل فضایی مولفه‌های مصرف انرژی در استان‌های ایران می‌باشد. برای این منظور، از پایگاه‌های مختلف آماری، داده‌های مورد نیاز طی سال‌های مختلف جمع‌آوری و پردازش شده است. در ادامه، با توجه به ماهیت ترکیبی و جغرافیایی داده‌های پژوهش، از روش اقتصادسنجی داده‌های تابلویی فضایی جهت تخمین مدل منتخب و تحلیل نتایج استفاده شده است. قلمرو مکانی این پژوهش ۳۱ استان کشور، و قلمرو زمانی آن، دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ براساس حداکثر ریزداده‌های آماری می‌باشد.

وجه تمایز اصلی روش اقتصادسنجی فضایی، توجه به اقتصاد فضا در برآورد و تحلیل داده‌ها می‌باشد(آنسلین[3]، ۱۹۸۱). آنسلین (۱۹۸۱) به نامناسب بودن اقتصادسنجی متعارف در مطالعات منطقه‌ای اشاره کرده و تحلیل متفاوتی از خودهمبستگی و ناهمسانی فضایی در مباحث اقتصاد سنجی ارائه کرده است. با مدل اقتصادسنجی فضایی نه تنها اثر متغیر توضیحی یک مکان بر متغیر وابسته همان مکان موثر است(اثر مستقیم) بلکه بر متغیر وابسته مکان‌های مجاور نیر اثرگذار است(اثر غیرمستقیم یا اثرات سرریز فضایی). بدین ترتیب، وجه تمایز اقتصادسنجی فضایی لحاظ کردن سرریزهای فضایی در مدل‌های مرسوم است.

الگوی عمومی اقتصادسنجی فضایی که به عنوان الگوی فضایی آشیانه‌ای عمومی[4] نامیده می‌شود، تمام اثرات فضایی(برای متغیرهای وابسته، مستقل و جزء خطا) به صورت زیر می‌باشد (الهورست[5]، ۲۰۱۴):

$$Y = \delta WY + X\beta + WX\theta + u$$
$$u = \lambda Wu + \varepsilon \qquad (۱)$$

که در آن، Y و X به ترتیب بردارهای متغیر وابسته و متغیر مستقل، W نشان‌دهنده ماتریس غیرمنفی وزنی فضایی[6]، u بردار خطای فضایی، Wu اثر متقابل خطاها در مکان‌های مختلف، λ ضریب خودهمبستگی فضایی و ε بردار جملات پسماند مرسوم می‌باشد.

اگر در معادله فضایی عمومی، وزن‌ها نادیده گرفته شوند (W=0)، مدل رگرسیون معمولی حاصل می‌شود:

$$Y = X\beta + \varepsilon \qquad (۲)$$

در مقابل، اگر ضرایب متغیرهای فضایی(وابسته، مستقل یا جمله اخلال) معنادار باشند، مدل باید به صورت اقتصادسنجی فضایی برآورد گردد. بدین ترتیب، مدل‌های مختلف فضایی قابل شناسایی می‌باشد. در صورتی که $\theta = 0$ باشد، مدل خودرگرسیونی فضایی مختلط(SAC)[7] حاصل می‌شود. اگر در همین مدل، محدودیت $\lambda = 0$ نیز برقرار باشد، مدل خودرگرسیونی فضایی(SAR)[8] به‌دست می آید. حالت دیگر این است که در مدل عمومی تنها $\lambda = 0$ باشد، مدلی که به این ترتیب به‌دست می‌آید مدل دوربین فضایی(SDM)[9] نامیده می‌شود. در این مدل، تعاملات میان متغیرهای درون‌زا (شامل فضایی) لحاظ شده و و هر دو متغیر وابسته و مستقل به شکل فضایی نیز در معادله رگرسیونی وارد می‌شوند. اگر در مدل SDM، $\delta = 0$ باشد، مدل وقفه فضایی برای X (SLX)[10] حاصل می‌شود که در آن، متغیر مستقل به شکل فضایی بوده و سایر شرایط معادله OLS برقرار است. در صورتی که در مدل عمومی، $\delta = 0$ باشد، مدل خطای فضایی

1. Qim et al.
2. Oveysi and Hosseinzadeh
3. Anselin
4. General Nesting Spatial Model(GNSM)
5. Elhorst
6. Spatial Wieghts Matrix
7. Spatial Autoregressive Confused Model (SAC)
8. Spatial Autoregressive Regression(SAR)
9. Spatial Durbin Model
10. Spatial Lag of X Model(SLX)

دوربین(SDEM)[1] به‌دست می آید. در صورتی که در همین مدل، $\theta = 0$ باشد، مدل خطای فضایی(SEM)[2] حاصل می‌شود. این مدل دارای جزء خطای فضایی و فاقد متغیرهای وابسته فضایی و مستقل فضایی می‌باشد.

لحاظ کردن عنصر فضا در مدل اقتصادسنجی فضایی و ساخت ماتریس وزنی فضایی به روش‌های مختلف انجام می‌شود. روش اول استفاده از طول و عرض جغرافیایی مناطق مختلف است، در این حالت، سرریز فضایی برای مکان‌های هم‌مرز لحاظ می‌شود و تعاملی برای سایر مناطق غیر هم‌مرز درنظر گرفته نمی‌شود. در صورتی که مسافت عامل موثر بر تعاملات منطقه‌ای باشد، ماتریس فضایی به‌گونه‌ای تعریف می‌شود که شدت وابستگی فضایی مناطق متاثر از فاصله آنها از یکدیگر باشد. در این شرایط، فاصله اقلیدسی میان مناطق برای ساختن ماتریس وزنی فضایی به‌کار گرفته می‌شود. انتخاب میان این دو حالت بستگی به ماهیت پژوهش و متغیر وابسته دارد. ماتریس وزنی فضایی متقارن است(الهورست، ۲۰۱۴). در تحقیق حاضر، از ماتریس مجاورت براساس تقسیم‌بندی استان‌ها توسط مجلس شورای اسلامی استفاده شده است.[3]

با اضافه کردن جزء مکانی به مدل‌های اقتصادسنجی مرسوم، وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی ایجاد می‌شود. بر این اساس، مهمترین آزمون‌های تشخیص در مدل‌های اقتصادسنجی فضایی شامل آزمون وابستگی فضایی و آزمون واریانس ناهمسانی فضایی می‌باشد. برای آزمون وابستگی فضایی از آماره‌های موران[4]، گری جی سی[5] و لاگرانژ[6]، و جهت آزمون واریانس ناهمسانی فضایی از آماره‌های Rho و Lambda استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون‌ها به ترتیب نبود وابستگی فضایی و نبود واریانس ناهمسانی است. همچنین در صورتی که داده‌ها به شکل تابلویی باشند، می‌توان از آزمون هاسمن استفاده کرد که فرضیه صفر آن، برتری مدل اثرات تصادفی است.

قبل از برآورد مدل داده‌های تابلویی فضایی، لازم است داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری و پردازش شوند. بدین ترتیب، تجزیه و تحلیل آماری تحقیق حاضر در دو مرحله انجام شده است. در مرحله نخست، مصرف انرژی استانی محاسبه شده و به مولفه‌های فعالیتی، شدتی و ساختاری تجزیه شده است. سپس، براساس الگوی(۱)، عوامل تعیین‌کننده مولفه‌های مصرف انرژی استانی برآورد و تجزیه و تحلیل شده است.

لازم به ذکر است که تجزیه مصرف انرژی به اشکال مختلف انجام می‌شود ولی به‌طورکلی دو روش اصلی برای تجزیه وجود دارد: تجزیه با لاسپیرز و پاشه[7] و تجزیه براساس دیویژیا[8](آنگه و چویی[9]، ۱۹۹۷ و آنگه، ۲۰۰۵). از میان این روش‌ها، روش تجزیه لاسپیرز و دیویژیای میانگین لگاریتمی(LMDI)[10] استفاده عمومی دارند و به نتایج مشابهی می‌رسند(صادقی و همکاران، ۱۳۹۷). در این تحقیق از روش دیویژیای میانگین لگاریتمی استفاده شده و مصرف انرژی به اثرات مختلف یعنی اثر فعالیت(AE[11])، اثر ساختار(SE[12]) و اثر شدتی(IE[13]) تجزیه شده است.

لازم به ذکر است که داده‌های مصرف انواع انرژی استان‌های مختلف در بخش‌های مختلف اقتصادی از ترازنامه‌های انرژی وزارت نیرو طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۹ استخراج شده است و با توجه به اینکه واحد انرژی‌های مختلف[14] متفاوت می‌باشد، با هم مقیاس کردن آنها از طریق ضرایب تبدیل انرژی، همه انرژی‌ها به بشکه معادل نفت(BOE)[15] تبدیل و پردازش شده است.

همان‌گونه که عنوان شد برای تجزیه مصرف انرژی در تحقیق حاضر از رویکرد دیویژیای میانگین لگاریتمی استفاده شده است. شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی(LMDI) یک روش ضربی برای تجزیه مصرف انرژی[16] است. برای شروع، رابطه(۳) را در نظر بگیرید(آکوریوک[17]، ۲۰۲۰).

$$E_p = \Sigma_i E_{pi} = \Sigma_i Q_p \frac{Q_{pi}}{Q_p}\frac{E_{pi}}{Q_{pi}} = \sum_i Q_p S_{pi} I_{pi} \qquad (۳)$$

---

1. Spatial Durbin Error Model(SDEM)
2. Spatial Error Model
۳. براساس تقسیم‌بندی مجلس، استان‌ها با توجه همجواری، محل جغرافیایی و اشتراکات به ۵ منطقه تفکیک شده است. منطقه ۱ شامل استان‌های تهران، قزوین، مازندران، سمنان، گلستان، البرز و قم، منطقه ۲ شامل استان‌های اصفهان، فارس، بوشهر، چهار محال بختیاری، هرمزگان و کهکیلویه و بویراحمد، منطقه ۳ شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان، گیلان و کردستان، منطقه ۴ شامل استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، همدان، مرکزی و خوزستان و منطقه ۵ شامل استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، کرمان، یزد و سیستان و بلوچستان می‌باشد.
4. Moran
5. Geary GC
6. Lagrange
7. Laspeyres and Paasche
8. Divisia
9. Ang and Choi
10. Logarithmic mean Divisia index (LMDI)
11. Activity effect
12. structure effect
13.. structure effect
۱۴. نفت سفید بر حسب هزار لیتر، گازوئیل بر حسب هزار لیتر، گاز طبیعی بر حسب متر مکعب، گاز مایع بر حسب هزار کیلو گرم، بنزین بر حسب هزار لیتر، نفت کوره بر حسب هزار کیلوگرم، زغال سنگ بر حسب هزار لیتر و برق بر حسب هزار کیلووات.
15. Barrel of Oil Equivalent (BOE)
16. Multiplicative form decomposition
17. Akyürek

که در آن E_{pi}، Q_{pi} و I_{pi} به ترتیب مصرف انرژی، ارزش افزوده و شدت انرژی در بخش i ام در استان p، E_p مصرف کل انرژی در استان p، Q_p کل ارزش افزوده استان p می‌باشد. براساس رابطه (۳)، مصرف انرژی متاثر از سه عامل فعالیت اقتصادی(Q)، ساختار بخشی(S_i) و شدت انرژی بخشی(I_i) است. براساس رابطه مذکور، کل تغییر شدت مصرف انرژی با رابطه(۴) به‌دست می‌آید:

$$Q_{pe} = \exp\left(\sum_i w_{pi} \ln\left(\frac{Q_p^T}{Q_p^0}\right)\right)$$
$$S_{pe} = \exp\left(\sum_i w_{pi} \ln\left(\frac{S_p^T}{S_p^0}\right)\right) \quad (۴)$$
$$I_{pe} = \exp\left(\sum_i w_{pi} \ln\left(\frac{I_p^T}{I_p^0}\right)\right)$$

که در آن، 0 و T به ترتیب سال‌های ابتدایی و انتهایی و w_{pi} وزن مولفه‌ها بوده و و سایر متغیرها قبلاً تعریف شده‌اند. اوزان به صورت رابطه(۵) محاسبه می‌شوند:

$$W_{pi} = \frac{(E_{pi}^T - E_{pi}^0)/(LnE_{pi}^T - LnE_{pi}^0)}{(E_p^T - E_p^0)/(LnE_p^T - LnE_p^0)} \quad (۵)$$

همان گونه که مشاهده می‌شود برای تجزیه مصرف انرژی در سطح استانی، اطلاعات متنوعی از سهم بخش‌های اقتصادی از ارزش افزوده استانی، شدت انرژی‌بخشی در سطح استانی و ارزش افزوده استانی طی دوره زمانی مورد مطالعه نیاز است. داده‌های مصرف انواع انرژی در سطوح کشوری و استانی و به تفکیک بخش‌های اقتصادی از ترازنامه انرژی سال‌های مختلف از سایت وزارت نیرو[1] و همچنین ترازنامه هیدروکربوری موجود در سامانه شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت[2]، استخراج، پالایش و پردازش شده است. همچنین، داده‌های ارزش افزوده استانی از پایگاه مرکز آمار ایران[3] جمع‌آوری و پردازش شده است.

متغیرهای مستقل الگوی تحقیق شامل ارزش افزوده هر استان به قیمت ثابت ۱۳۹۱، سهم صنعت(نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به ارزش افزوده کل هر استان به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰)، ارزش افزوده سرانه به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰، سهم جمعیت شهرنشین(نسبت جمعیت شهرنشین بر کل جمعیت هر استان)، سرمایه انسانی(نسبت تعداد متخصصان به نیروی کار هر استان)، نسبت سرمایه فیزیکی به کار هر استان و کارایی فنی(TE) می‌باشد. در این تحقیق، برای محاسبه کارایی فنی[4] از تحلیل پوششی داده‌ها(DEA)[5] استفاده شده است.[6] این روش مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد و از طریق آن می‌توان کارایی اقتصادی را (در بازه صفر تا ۱۰۰) برآورد کرد. برای استفاده از این روش، ستانده به عنوان ارزش افزوده استان مورد مطالعه، و نهاده‌ها شامل کار و سرمایه درنظر گرفته شده‌اند. ازآنجاکه داده‌های موجودی سرمایه در سطح استانی در دسترس نمی‌باشد، از رویکرد تابع تولید برای برآورد آن اقدام شده است. درصورتی‌که سهم استان‌ها از ارزش افزوده بخشی مورد توجه قرار گیرد، نتایج در مقایسه با برآورد مبتنی بر سهم استان از کل ارزش افزوده قابلیت اعتماد بیشتری خواهد داشت(مزینی، ۱۳۹۸).

٤- برآورد مدل و تحلیل نتایج

جدول(۱) توصیف داده‌های آماری تحقیق حاضر را ارائه می‌کند. براساس ضریب پراکندگی مندرج در این جدول، پراکندگی ارزش افزوده و مصرف انرژی استان‌ها قابل توجه می‌باشد. این وضعیت برای نسبت سرمایه به کار و سهم صنعت استان‌ها نیز قابل مشاهده است. همچنین، ضریب پراکندگی سهم نیروی متخصص در نیروی کار استان‌ها وجود دارد. این مشاهدات نه تنها نشانگر عدم تجانس استان‌های ایران در ایجاد ارزش افزوده و مصرف انرژی می‌باشد بلکه نشان می‌دهد پراکندگی مصرف انرژی می‌تواند ناشی از عوامل مختلف فعالیتی، تکنیکی و ساختاری باشد.

همان‌گونه که جدول (۱) نشان می‌دهد میانگین مولفه‌های مصرف انرژی مثبت (بزرگتر از یک) برآورد شده است که نشان می‌دهد به‌طور متوسط طی دوره زمانی مورد بررسی، شدت مصرف انرژی استان‌ها افزایش یافته و در این رابطه، هر سه مولفه فعالیتی، ساختاری و شدتی نقش داشته‌اند.

پیش از برآورد مدل منتخب، باید از ساختگی نبودن رگرسیون اطمینان حاصل کرد. برای این منظور، آزمون مانایی تعمیم‌یافته‌ی ایم، پسران و شین(CIPS)[7]، که یک آزمون نسل دوم برای بررسی مانایی محسوب می‌شود، استفاده شده است. لازم به ذکر است که در صورت وجود وابستگی میان مقاطع(به‌ویژه برای داده‌های تابلوی با تعداد مقاطع زیاد و دوره زمانی کوتاه)، آزمون‌های مانایی مرسوم (نسل اول) معتبر نخواهند بود. این درحالی است که در روش داده‌های تابلویی فرض می‌شود که داده‌ها استقلال خطی دارند. در

1. https://pep.moe.gov.ir
2. https://ifco.ir
3. https://www.amar.org.ir
4. Technical Efficiency (TE)
5. Data Envelop Analysis (DEA)

۶. برای مطالعه بیشتر درباره روش تحلیل پوششی داده‌ها به Cooper, et al. (2007) مراجعه کنید.

7. Cross-section augmented Im, Pesaran and Shin (CIPS)

این تحقیق، برای بررسی وابستگی مقاطع از آزمون وابستگی مقطعی پسران(CD Test)[1](۲۰۲۱) استفاده شده است. براساس نتایج جدول(۲)، فرضیه صفر آزمون پسران مبنی بر عدم وابستگی مقطعی رد شده و بنابراین، وابستگی میان مقاطع وجود دارد. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد، تمامی متغیرها[2] براساس آزمون CIPS در سطح مانا هستند و بر این اساس، مدل منتخب کاذب نمی‌باشد. لازم به ذکر است که فرضیه صفر آزمون CIPS، وجود ریشه واحد است و برای تایید مانایی متغیر، باید فرضیه صفر رد شود.

جدول ۱. توصیف متغیرهای تحقیق طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۱ برای استان‌های ایران

شاخص	میانگین	میانه	ضریب پراکندگی
ارزش افزوده (میلیون ریال)	۲۱۴۶۰۹۹۲۲.۷۴۶	۱۱۳۴۵۴۶۸۰.۶۲۱	۱.۴۸۴
مصرف انرژی (میلیون بشکه معادل نفت)	۴۲.۸۳۶	۲۸.۰۷۴	۱.۰۰۹
اثر فعالیتی	۱.۰۲۸	۱.۰۲۰	۰.۰۳۶
اثر ساختاری	۱.۰۰۲	۱.۰۰۰	۰.۰۱۶
اثر شدتی	۱.۰۵۱	۱.۰۴۵	۰.۰۴۵
کارایی فنی	۰.۹۵۲	۰.۹۶۸	۰.۰۴۹
نسبت سرمایه به کار (میلیارد ریال)	۲.۲۳۰	۱.۳۰۶	۱.۱۰۵
سهم نیروی کار متخصص	۰.۰۳۴	۰.۰۳۰	۰.۳۵۶
سهم صنعت	۰.۳۰۱	۰.۲۰۳	۰.۷۱۱
سهم شهرنشینی	۰.۶۹۳	۰.۶۷۳	۰.۱۷۸
ارزش افزوده سرانه(هزار ریال)	۸۳۴۴۶.۶۴۸	۵۹۹۵۱.۴۹۷	۰.۸۸۱

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

جدول ۲. آزمون وابستگی مقطعی پسران و آزمون مانایی CIPS

متغیر	آماره آزمون CIPS[1]	نتیجه آزمون	آماره آزمون پسران	مقدار احتمال	نتیجه آزمون
مولفه فعالیتی	-۲۲.۶۹	تمامی متغیرها مانا هستند	۲۲.۲	۰.۰۰۰	عدم وجود وابستگی مقاطع
مولفه ساختاری	-۴.۰۲		۱۳.۶۷	۰.۰۰۰	
مولفه شدتی	-۹.۹۹		۱۸.۶۵	۰.۰۰۰	
ارزش افزوده	۲.۶۱۰		۳۴.۱۰	۰.۰۰۰	
ارزش افزوده سرانه	۲.۶۱۰		۲۵.۵	۰.۰۰۰	
سهم صنعت	-۲.۴۳		۱۵.۴۱	۰.۰۰۰	
نسبت سرمایه به کار	-۳.۹۵		۷.۱۱	۰.۰۰۰	
سرمایه انسانی	-۱۹.۲۵		۳۵.۸۴	۰.۰۰۰	
کارایی فنی	-۵.۷۱		۱۲.۲۵	۰.۰۰۰	
سهم شهرنشینی	۱.۴۳		۳۶.۳۳	۰.۰۰۰	

۱. مقادیر بحرانی آزمون در سطوح معناداری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به ترتیب ۱.۴۹، ۱.۶۱ و ۱.۸۵ است.

منبع: محاسبات تحقیق حاضر با Eviews 12 و STATA 18

1. Pesaran Cross Section Dependece Test (CD Test)

۲. البته متغیر سهم شهرنشینی در سطح معناداری ۱۰ تقریباً مانا می‌باشد.

با اطمینان یافتن از کاذب نبودن مدل منتخب، سؤال بعدی این است که آیا وابستگی فضایی میان استان‌های مورد بررسی وجود دارد؟ برای این منظور، از مجموعه آزمون‌های خودهمبستگی فضایی به‌ویژه آزمون‌های موران[1] و گری جی سی[2] استفاده شده است. همان‌گونه که جدول(۳) نشان می‌دهد فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی فضایی رد می‌شود. بر این اساس، مدل داده‌های تابلویی باید با لحاظ کردن اثرات فضایی برآورد شود.

آزمون	فعالیتی	ساختاری	شدتی	نتیجه آزمون
Global Moran MI	۰.۲۳۸۱ (۰.۰۰۰)	۰.۲۶۴۲ (۰.۰۰۰)	۰.۳۳۲۸ (۰.۰۰۰)	وجود خودهمبستگی فضایی داد های تابلویی
Global Geary GC	۰.۷۱۳۱ (۰.۰۰۰)	۰.۷۱۹۶ (۰.۰۰۰)	۰.۶۵۲۸ (۰.۰۰۰)	
Global Getis-Ords GO	−۱.۲۴۴۲ (۰.۰۰۰)	−۱.۳۸۰۷ (۰.۰۰۰)	−۱.۷۳۹۰ (۰.۰۰۰)	
Moran MI Error	۲.۰۳۷۹ (۰.۰۴)	۱.۹۵۶۶ (۰.۰۵۰)	۲.۲۳۷۸ (۰.۰۲۵)	

منبع: محاسبات تحقیق حاضر با Stata 18

با توجه به تایید وابستگی فضایی برای مدل منتخب، سؤال بعدی این است که مدل فضایی بهینه کدام است؟ برای پاسخ به این سؤال، از معیارهای اطلاعاتی بیزی آکائیک و شوراتز[3] استفاده شده است. با توجه به جدول(۴) و براساس این دو معیار و در مجموع، مدل دوربین فضایی انتخاب شده است.

جدول ٤. انتخاب مدل‌های فضایی

مدل	فعالیتی		ساختاری		شدتی	
	LogSC	LogAIC	LogSC	LogAIC	LogSC	LogAIC
SDM	−۵	−۴.۶۷	−۱.۹۶	−۲.۲۹	−۰.۶۹	−۱.۰۲
SAR	−۴.۶	−۴.۷۶	−۵.۵۱	−۵.۶۹	−۳.۴۶	−۳.۶۴
SEM	−۴.۵۷	−۴.۷۵	−۵.۵۲	−۵.۶۹	−۳.۵۶	−۳.۷۲
SAC	۴.۴۹	−۴.۶۷	−۵.۴۹	−۵.۶۶	−۲.۹۲	−۳.۱۰

منبع: محاسبات تحقیق حاضر با Stata 18

نتایج برآورد مدل فضایی بهینه(دوربین فضایی) در جدول(۵) ارائه شده است. همچنان که الهورست[4](۲۰۱۴) مطرح می‌کند ضرایب متغیرها در مدل دوربین قابل تفسیر نیست و برای این منظور باید اثر کل به اثر مستقیم(اثر متغیر توضیحی بر خود منطقه)

1. Moran
2. Geary GC
3. Akaike's and Schwarz's Bayesian information criteria (AIC and BIC)
4. Elhorst

و اثر غیرمستقیم(اثر سرریز) تفکیک شود(نورانی آزاد، ۱۴۰۲). همان‌گونه که جدول(۵) نشان می‌دهد، ارزش افزوده(به عنوان شاخص فعالیت) در هر سه مدل(فعالیتی، ساختاری و شدتی) اثر معنادار بر مصرف انرژی دارند ولی طبق انتظار این اثر برای مولفه فعالیتی(در هر دو شکل مستقیم و سرریز) مثبت برآورد شده است. بدین ترتیب، با افزایش فعالیت‌های اقتصادی استان‌ها انتظار می‌رود مصرف انرژی آنها افزایش یابد. این موضوع با توجه به اهمیت انرژی در تابع تولید و فعالیت‌های اقتصادی قابل توجیه است. نکته مهم وجود اثرات فضایی معنادار فعالیت‌های اقتصادی در افزایش مصرف انرژی استان‌ها می‌باشد به‌گونه‌ای که با افزایش فعالیت اقتصادی در یک استان، انتظار می‌رود مصرف انرژی در استان‌های دیگر نیز تحت تاثیر مثبت قرار گیرد. این یافته می‌تواند به دلیل ارتباطات پسین و پیشین استان‌ها با یکدیگر باشد. در مقابل، ارزش افزوده سرانه در مجموع، اثر معناداری بر مصرف انرژی استان‌ها نداشته است، هرچند اثر مستقیم و معنادار آن بر مولفه فعالیتی قابل مشاهده است که می‌تواند ناشی از اثر قدرت اقتصادی در گسترش فعالیت‌های اقتصادی و بنابراین، افزایش مصرف انرژی باشد. براساس یافته‌های تحقیق حاضر، سهم صنعت(شاخص ساختار اقتصادی) اثر معناداری بر مولفه‌های مصرف انرژی داشته است. ضریب این متغیر در مدل مولفه فعالیتی مصرف انرژی منفی به‌دست آمده است ولی برای مولفه‌های ساختاری و شدتی مصرف انرژی، اثر مثبت را نشان می‌دهد. با توجه به اثر مثبت سهم صنعت برای مولفه‌های ساختاری و شدتی، به نظر نمی‌رسد اثر منفی این متغیر به دلیل افزایش توانایی صنعت در کاهش مصرف انرژی باشد. تحریم‌های اقتصادی، فرسودگی صنایع و عدم سرمایه‌گذاری کافی در بخش صنعت می‌تواند اثرگذاری منفی آن را بر مولفه فعالیتی مصرف انرژی توجیه کند، به ویژه اینکه اثر آن بر مولفه‌های دیگر مثبت و معنادار به‌دست آمده است. اثرات فضایی(اثرات سرریز) این متغیر نیز معنادار به‌دست آمده است که ضمن تایید وجود عامل فضا در مصرف انرژی، ارتباطات پیشین و پسین اقتصادی میان استان‌ها را نشان می‌دهد. اثرات فضایی برای متغیر سهم صنعت، اثر مستقیم را تقویت کرده است که نشانگر لزوم توجه به این اثرات در برنامه‌ریزی های انرژی در سطح اقتصاد کلان می‌باشد.

اثر سرمایه(فیزیکی و انسانی) بر مولفه‌های مصرف انرژی تا حدودی متفاوت به‌دست آمده است. نسبت سرمایه به کار دارای اثر سرریز مثبت و معنادار بر مولفه فعالیتی بوده ولی اثر مستقیم آن غیرمعنادار برآورد شده است. براساس این یافته، اگرچه سرمایه فیزیکی نتوانسته است اثر معناداری بر مصرف انرژی هر استان داشته باشد ولی باعث تغییر مصرف انرژی در مناطق دیگر شده است. در مقابل، سرمایه انسانی اثر منفی بر مولفه ساختاری مصرف انرژی داشته باشد. به عبارت دیگر، در مسیر توسعه‌یافتگی استان‌ها، گسترش سرمایه انسانی موجب توسعه بخش‌های کمتر انرژی‌بر شده است. این درحالی است که این متغیر نتوانسته است برخلاف انتظار، اثر منفی و معناداری بر مولفه شدتی داشته باشد. نتایج برآورد مدل دوربین فضایی نشان می‌دهد که کارایی فنی، طبق انتظار، اثر منفی و معنادار بر مولفه شدتی مصرف انرژی دارد که می‌تواند ناشی از بهبود کارایی فعالیت‌های اقتصادی در ایجاد ارزش افزوده استان‌ها باشد. اثرات فضایی نیز موجب تقویت اثر مستقیم شده است که نشانگر اثرگذاری منطقه‌ای کارایی بر مصرف انرژی می‌باشد. اثر مستقیم کارایی بر مولفه فعالیتی مثبت به‌دست‌آمده است که می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت‌های اقتصادی ناشی از کارایی باشد یعنی با همان نهاده، استان‌ها توانسته‌اند فعالیت بیشتری انجام دهند. علیرغم این موضوع، اثرات فضایی برای این متغیر معنادار به‌دست نیامده است. اثر منفی سرمایه فیزیکی و انسانی و کارایی فنی با مطالعات مبینی دهکردی و حوری جعفری(۱۳۹۶)، درگاهی و بیابانی خامنه(۱۳۹۵)، کائو و همکاران[1](۲۰۱۹)، چن و همکاران[2](۲۰۲۱) سازگار است.

سهم شهرنشینی در هر سه مدل معنادار به‌دست آمده است. اثرات فضایی این متغیر نیز معنادار بوده و در هر سه مدل موجب افزایش و تقویت اثرات مستقیم شده‌اند. سهم شهرنشینی در مولفه فعالیتی به کاهش مصرف انرژی منجر شده است. این متغیر برای مولفه‌های ساختاری و شدتی موجب افزایش مصرف انرژی شده است که می‌تواند ناشی از تغییر ساختارهای اقتصادی به نفع فعالیت‌های انرژی‌بر و با تکنولوژی پایین‌تر باشد. اثر مثبت شهرنشینی بر مصرف انرژی با نتایج مطالعات الهوردی و پورحاتمی(۱۳۹۴) و شکری و همکاران(۱۳۹۴) مطابقت دارد.

1 Chao et al.

2 Chen et al.

جدول ۵. نتایج برآورد مدل دوربین فضایی مولفه‌های مصرف انرژی برای استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۱

مولفه	فعالیتی			ساختاری			شدتی		
متغیر/اثرات	اثر مستقیم	اثر سرریز	اثر کل	اثر مستقیم	اثر سرریز	اثر کل	اثر مستقیم	اثر سرریز	اثر کل
ارزش افزوده	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۴ (۱.۶۵)*	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ (۲.۵۳)**	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳۴	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲۱ (-۵.۴۵)***	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ (-۵.۶۰)***	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴۱	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲۹ (-۳.۴۳)***	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳۷ (-۴.۵۷)***	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۶۶
ارزش افزوده سرانه	۰.۰۰۰۰۰۰۵۶ (۲.۵۸)***	-۰.۰۰۰۰۰۰۲ (-۰.۸۹)	۰.۰۰۰۰۰۰۵۶	-۰.۰۰۰۰۰۰۱۶ (-۰.۹۶)	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۳ (-۰.۰۳)	-۰.۰۰۰۰۰۰۱۶۳	-۰.۰۰۰۰۰۰۲۷ (-۰.۷۶)	-۰.۰۰۰۰۰۰۰۱۵ (-۰.۱۳)	-۰.۰۰۰۰۰۰۲۸۵
سهم صنعت	-۰.۲۲۲۸ (-۲.۲۱)**	-۰.۲۳۷۳ (-۲.۸۳)***	-۰.۴۶۲۱	۰.۳۰۶۴ (۵.۷۰)***	۰.۱۹۰۸ (۵.۲۴)***	۰.۴۹۷۲	۰.۲۷۵۰ (۲.۲۹)**	۰.۳۸۴۱ (۴.۷۳)***	۰.۶۵۹۱
نسبت سرمایه به کار	۰.۰۰۳۹ (۰.۷۵)	۰.۰۱ (۲.۱۵)**	۰.۰۱۳۹	-۰.۰۰۸۷ (-۲.۷۱)***	-۰.۰۰۶۳ (-۲.۳۰)**	-۰.۰۱۵۱	۰.۰۰۳۹ (۰.۷۵)	-۰.۰۱۴۱ (-۲.۳۲)**	۰.۰۱۸
سرمایه انسانی	۱.۱۷ (۱.۹۳)**	۰.۴۹۵۸ (۲.۲۵)**	۱.۶۶۵۸	۰.۰۳۰۴ (۰.۰۷)	۰.۲۲۰۵ (۱.۴۲)	۰.۲۵۰۹	-۰.۸۷۶۲ (-۰.۸۵)	۰.۴۱۸۷ (۱.۲۴)	-۰.۴۵۷۵
کارایی فنی	۰.۳۰۲۰ (۲.۷۷)***	-۰.۰۲۲۳ (-۰.۵۷)	۰.۲۷۹۷	۰.۱۱۵۲ (۱.۴۵)	۰.۰۰۴۶ (۰.۱۷)	۰.۱۱۹۹	-۰.۳۹۴۱ (-۲.۲۵)**	-۰.۰۳۸۲ (-۰.۶۲)	-۰.۴۳۲۳
سهم شهرنشینی	-۰.۳۱۴۶ (-۳.۴۴)***	-۰.۲۵۷۴ (-۳.۴۹)***	۰.۳۱۴۶	۰.۱۱۶۷ (۲.۰۹)**	۰.۱۳۴۹ (۳.۴۸)***	۰.۲۵۱۶	۰.۳۲۳۰ (۲.۶۶)***	۰.۲۵۴۰ (۲.۹۸)***	۰.۵۷۷
Rho	۰.۰۶۰۶ (۳.۷۳)***			۰.۰۵۰۱ (۲.۴۸)***			۰.۰۸۱۵ (۵.۴۶)***		
Sigma	۰.۰۷۳۷ (۴.۵۱)***			۰.۰۵۶۷ (۱۷.۴۸)***			۰.۱۲۵۴ (۱۷.۳۲)***		
خودهمبستگی داده‌های تابلویی فضایی (MI)	۰.۲۳۸۱ (۰.۰۰۰۰)			۰.۲۶۴۲ (۰.۰۰۰۰)			۰.۳۳۲۸ (۰۰.۰۰۰)		
ناهمسانی فضایی(Wald test)	۳۴.۵۴ (۰.۰۰۰۰)			۴۱۱۳.۷۶ (۰.۰۰۰۰)			۲۱۹۴.۰۱ (۰.۰۰۰۰)		
نرمالیتی فضایی(Geary LM test)	۱.۰۵ (۰.۵۹۰۸)			-۰.۳۴۱۷ (۰.۸۴۲۹)			۲.۰۸ (۰.۳۵۲۰)		
آزمون معناداری رگرسیون(F-test)	۶.۲۰ (۰.۰۰۰۰)			۳.۸۲ (۰.۰۰۰۰)			۲.۸۵ (۰.۰۰۱)		

منبع: محاسبات تحقیق حاضر با Stata 18

۵. جمع‌بندی و پیشنهادات

نقش دوگانه انرژی‌های پایان‌پذیر (رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست) و در عین‌حال استفاده غیربهینه از این انرژی‌ها موجب اهمیت فزاینده سیاست‌های انرژی شده است. این درحالی است که روند مصرف انرژی تابع مولفه‌های مختلف فعالیتی، شدتی و ساختاری می‌باشد. بدیهی است عوامل تعیین‌کننده این مولفه‌ها متفاوت است، به‌گونه‌ای که مولفه فعالیتی تابع میزان فعالیت‌های اقتصادی، مولفه شدتی تابع متغیرهای تکنولوژیکی، و مولفه ساختاری تابع تغییرات ساختاری در فرایند توسعه‌یافتگی می‌باشد. در کنار همه این اثرات، ساختار فضایی نیز می‌تواند عامل تعیین‌کننده مصرف انرژی باشد. هدف اصلی تحقیق حاضر، تحلیل فضایی مولفه‌های مصرف انرژی می‌باشد. برای این منظور، از اقتصادسنجی فضایی و مشخصاً روش داده‌های تابلویی فضایی استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۰ استفاده شده است.

براساس نتایج تحقیق حاضر، اولاً سرریز فضایی میان مناطق مورد بررسی به ویژه در رابطه با ارزش افزوده، سهم صنعت و سهم جمعیت شهرنشین معنادار و مشهود است. ثانیاً مولفه فعالیتی در جهت افزایش مصرف انرژی عمل کرده و در مقابل، مولفه ساختاری(سهم صنعت) در مجموع موجب افزایش مصرف انرژی شده است که می‌تواند ناشی از افزایش سهم فعالیت‌های اقتصادی انرژی‌بر و تکنولوژی پایین باشد. همچنین، اثر کارایی فنی بر مولفه شدتی طبق انتظار منفی برآورد شده است و بر این اساس، عوامل تکنولوژیکی توانسته است مصرف انرژی استان‌ها را کاهش دهد. در مجموع، به نظر می‌رسد مصرف انرژی استان‌ها نه تنها تابعی از اثرات فضایی و سرریز می‌باشد بلکه به میزان فعالیت‌های اقتصادی، ساختار اقتصادی و تکنولوژیکی آنها بستگی دارد.

با توجه به یافته‌های این تحقیق توصیه می‌شود در برنامه‌ریزی انرژی به ساختار فضایی مناطق نیز توجه شود. همچنین، براساس نتایج این تحقیق، توصیه می‌شود برای کاهش شدت انرژی، عوامل تکنولوژیکی و کارایی فنی ارتقاء یابد و سرمایه‌گذاری صنعتی به‌گونه‌ای انجام شود که سهم صنایع کمتر انرژی‌بر و تکنولوژی بالا افزایش یابد. سرانجام اولویت‌گذاری سیاست‌های انرژی به‌گونه‌ای انجام شود که اثرات مثبت ناشی از روند طبیعی ساختار جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی کاهش یابد. برای این منظور، البته با توجه به اهمیت فزاینده منابع انرژی، توصیه می‌شود راهبرد مشخصی برای این منظور تدوین گردد به‌طوری‌که در تدوین هر سیاست، به عنوان مثال سیاست‌های جمعیتی، استفاده بهینه از انرژی یکی از دغدغه‌های اصلی سیاست‌گذاران باشد.

منابع و مآخذ

ابراهیمی، محسن، و ممی‌پور، سیاب، و بنی‌مشهدی علی، میلاد (۱۴۰۰). بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی با تاکید بر اثر شکست ساختاری در ایران. *پژوهش های اقتصادی*، ۱۹ (۲): ۱۰۷-۸۷.

ابونوری، عباسعلی، و نیکبان، آزاده (۱۳۸۸). عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویزیا (مطالعه موردی سیمان تهران). *مدلسازی اقتصادی*، ۳ (۷): ۹۲-۷۷.

آرمن، سید عزیز، و تقی‌زاده، سمیرا (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲ (۸): ۲۰-۱.

بهبودی، داود، و اصلانی‌نیا، نسیم مهین و سکینه، سجودی (۱۳۸۹). تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصادانرژی*، ۲۶ (۷): ۱۳۰-۱۰۵.

بهمنی، مجتبی، انصاری لاری، محمد صالح، و جمشدنژاد، آرش(۱۳۹۳). بررسی عوامل موثر بر مصرف انرژی بخش خانگی استان‌های کشور. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۰(۴۲): ۱۸۱-۱۶۱.

بیسادی، زینب و فریدزاد، علی و بانوئی، علی اصغر (۱۳۹۹). تجزیه شدت انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی ایران با تاکید بر دو اثر مقیاس و الگوی مصرف، *فصلنامه اقتصاد و الگوسازی*، ۱۱(۳).

درگاهی، حسن، و بیابانی خامنه، کاظم (۱۳۹۵). نقش عوامل قیمتی، درآمدی و کارایی در شدت انرژی ایران. *پژوهش‌ها اقتصادی*، ۱۱۵: ۳۵۵-۳۸۴.

دهقان شبانی، زهرا، صدرایی جواهری، احمد و عباسپور کازرونی، الهه (۱۳۹۹). تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی در استان‌های ایران: رویکرد داده‌های تابلویی فضایی. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۹(۳۴): ۱۴۲-۱۱۳.
doi: 10.22054/jiee.2021.55099.1780.

راسخی، سعید و پروین سلمانی (۱۳۹۲). رابطه شدت انـرژی و کـارایی اقتصـادی در کشورهای منتخب با استفاده از الگوی گشتاور تعمیم یافته: کاربردی از تحلیـل پنجره ای پوششی داده‌ها. *پژوهش ها و سیاست های اقتصادی*، ۲۱(۶۷): ۲۴-۵.

راسخی، سعید، اسدی، سید پیمان وکیانی، مائده (۱۳۹۵). مدلسازی شدت انرژی در صنایع کارخانه ای ایران، *مدلسازی اقتصادسنجی، ۲(۱):۵۷-۳۳.*

راسخی, سعید و خدام‌الحسینی, سید حمید (۱۴۰۲). اثر فناوری و نوآوری سبز بر تولید زباله‌های الکترونیکی در کشورهای منتخب OECD، *پژوهش های اقتصاد صنعتی، ۷(۲۴): ۸۲-۶۹*
doi: 10.30473/jier.2024.70065.1431.

سلطانی، ابراهیم و ملامیرزایی، محمد صادق و شکوه، حسن (۱۴۰۱). تاثیر شاخص‌های اقتصاد دانش بنیان و اقتصاد مقاومتی بر شدت مصرف انرژی در کشورهای منتخب صادرکننده نفت، *مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی*، ۶(۲۱).

سیف، اله‌مراد، و حمیدی رزی، داود (۱۳۹۶). عوامل مؤثر بر شاخص شدت مصرف انرژی استان‌های کشور: رهیافت داده‌های تابلویی پویای فضایی. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۳(۵۳): ۱۰۳-۶۱.

سیف، اله‌مراد و حمیدی رزی، داود (۱۳۹۵). بررسی تأثیر شاخص‌های منتخب اقتصاد دانش‌بنیان بر شدت انرژی استان‌های کشور، *پژوهشنامه اقتصاد*

انرژی ایران، ۵(۱۸): ۱۴۵-۱۰۱. doi: 10.22054/jiee.2016.7194

شکری، فرشاد، و فیروزی، مهران، و تحریری، کامران (۱۳۹۴). نگرشی بر شدت مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه(کاربردی از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس). *دومین کنفرانس اقتصاد و مدیریت کاربردی با رویکرد ملی*، بابلسر.

صادقی، زین‌العابدین، جلایی، سید عبدالمجید و نیک روش، مهلا (۱۳۹۷). بررسی عملکرد مصرف انرژی در استان‌های ایران: تحلیل تجزیه شاخص *اقتصاد و توسعه منطقه ای*،۲۵(۱۵): ۸۶-۵۷.

doi: 10.22067/erd.v25i16.68848.

عاشوری، مریم، و پارسا، حجت، و حیدری، ابراهیم (۱۳۹۸). عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران: رویکرد میانگین‌گیری بیزی. *پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، ۵(۱۴): ۶۳-۲۹.

کفایی، سید محمد علی و خسروی، عاطفه(۱۳۹۶). بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی استان‌های ایران: رویکرد اقتصادسنجی فضایی، *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۱۷ (۲) :۱۷۷-۱۹۷.

مبینی دهکردی، علی، و حوری جعفری، حامد (۱۳۹۶). بررسی تحلیلی سیاست‌ها و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف و تاثیر اجرای آنها بر شدت انرژی در ایران. *سیاست نامه علم و فناوری*، ۲۰: ۶۴-۴۹.

مزینی امیرحسین(۱۳۹۸). برآورد موجودی سرمایه در سطح استانی در اقتصاد ایران. *فصلنامه سیاست های مالی و اقتصادی*، ۷ (۲۶) :۷-۲۹.

منظور، داود(۱۴۰۲). تجزیه و تحلیل تغییرات شدت انرژی صنایع استان‌های کشور: رویکرد تسهیم تغییرات متقاطع، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۳۱ (۱۰۵) :۳۹-۶۱.

موسوی, حسنا و محمدیان, فرشته (۱۴۰۱). تجزیه و تحلیل مصرف برق ایران: کاربرد تحلیل تجزیه شاخص و تحلیل جداسازی، *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۶(۱۹): ۷۵-۶۳*، doi: 10.30473/jier.2022.9183 .

نورانی آزاد، سمانه (۱۴۰۲). نقش سرریز فضایی شاخص توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات صنایع کارخانه‌ای بر اشتغال بخش صنعت استان‌های ایران *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۷(۲۴)*: ۳۶-۱۹.

doi: 10.30473/jier.2024.69542.1418.

الهوردی، عاطفه، و پورحاتمی، زهره (۱۳۹۴). بررسی تاثیر شهرنشینی و صنعتی شدن بر شدت انرژی در ایران، *دومین* کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، کوالالامپور، مالزی.

References

Adom, Ph. K. (2015). Determinants of energy intensity in South Africa : Testing for structural effects in parameters, *Journal Energy*, 89: 334-346.

Akarsu, G., & Berke, B. (2016). Convergence of electricity consumption in Turkey: Spatial panel data analysis. *Available at SSRN 2875301*.

Akhlaghi, M.M., Abbasizade, F., Shafiei Alavijeh, A., Hosseinalizadehd, R. and Amirabadi Farahanic, M.M.(2023). *Scientia Iranica, Transactions E: Industrial Engineering*, 30: 1159-1168.

Akyürek, Z. (2020). LMDI decomposition analysis of energy consumption of Turkish manufacturing industry: 2005–2014. *Energy* Efficiency, 13:649–663. doi:10.1007/s12053-020-09846-8.

Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy policy*, 33(7), 867-871.

Ang, B. W., and Choi, K. H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *Energy Journal*, 59-73.

Anselin, L. (1981). *Estimation methods for spatial autoregressive structures*, Cornell University.

Babaie Pirouziana, A. R., Zahedi, R., Ahmadi, A. and Olya, N. (2023). *Renewable Energy Research and Applications*, 4(1): 21-30.

Belloumi, M., and Alshehry, A. S. (2016). The Impact of Urbanization on Energy Intensity in Saudi Arabia, *Sustainability*. MDPI, doi:10.3390/su8040375.

Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*, University of Dundee, UK.

Blázquez, L., Boogen, N., & Filippini, M. (2013). Residential electricity demand in Spain: new empirical evidence using aggregate data. *Energy economics*, 36, 648-657.

Cao X., Deng M., Song F., Zhong S., and Zhu J. (2019). Direct and moderating effects of environmental regulation intensity on enterprise technological innovation: The case of China. *PLoS ONE*, 14(10).

Chao Bao & Ruowen Liu (2019). Electricity Consumption Changes across China's Provinces Using A Spatial Shift-Share Decomposition Model, *Sustainability*, MDPI, 11(9): 1-15.

Chen, D., Chen, Sh., Jin, H. and Lu, Y. (2021). The impact of energy regulation on energy intensity and energy structure: Firm-level evidence from China, *China Economic Review*, 59.

Cole, M.A. (2006). Does trade liberalization increase national energy use? *Economics Letters*, 92, 108-112.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (Vol. 2, p. 489). New York: springer.

Elhorst, J. P. (2014). *Spatial panel data models. In Spatial econometrics*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Elliott, R. J.R., Sun, P. and Chen, S. (2013). Energy intensity and foreign direct investment: A

Chinese city-level study, *Energy Economics*, 40: 484-494.

Elliott, R. J.R., Sun, P. and Zhu, T. (2014). *Urbanization and Energy Intensity: A Province-level Study for China*, Department of Economics, University of Birmingham.

Gorus,M.S. and Karagol, E.T. (2022). Reactions of energy intensity, energy efficiency, and activity indexes to income and energy price changes: The panel data evidence from OECD countries, *Energy*, 254, Part A, 124281.

Hao, Y., & Wu, H. (2020). The Role of Internet Development on Energy Intensity in China: Evidence From a Spatial Econometric Analysis. *Asian Economics Letters*, 1(1). https://doi.org/10.46557/001c.17194.

Jiang, L., Folmer, H., Ji, M., & Tang, J.(2017). Energy efficiency in the Chinese provinces: a fixed effects stochastic frontier spatial Durbin error panel analysis. *The Annals of Regional Science*, 58(2): 301-319.https://doi.org/10.1007/s00168-016-0782-5.

Jones, D.W. (2004). *Urbanization and Energy*, RCF economic and financial consulting Inc. United State, Chicago.

Karahasan, B.C., Pinar, M.(2022). The environmental Kuznets curve for Turkish provinces: a spatial panel data approach. *Environ Sci Pollut Res* 29, 25519–25531. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17706-w.

Liu, C. P. & G. Y. Han. (2008). Determinants of Aggregate Energy Intensity with Consideration of Intra industry Trade. *Industrial Electronics and Applications*, 716-719.

Long R., Zhang Q., Chen H., Wu M. & Li Q.(2020). Measurement of the Energy Intensity of Human Well-Being and Spatial Econometric Analysis of Its Influencing Factors. *Int J Environ Res Public Health*; 17(1):357. doi: 10.3390/ijerph17010357.

Muzayanah, I. F. U., Lean, H. H., Hartono, D., Indraswari, K. D., & Partama, R.(2022). Population density and energy consumption: A study in Indonesian provinces. *Heliyon*, *8*(9), Article e10634. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10634.

Oveysi Kahkha, F., & Hosseinzadeh, R. (2023). Changes in Production Structure and Natural Gas Consumption in Iran's Provinces: Spatial Econometric Approach. *Environmental Energy and Economic Research*, *7*(3), 1-14. doi: 10.22097/eeer.2023.312762.1276.

Pesaran, M. Hashem (2021). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels, *Empirical Economics*, 60(1): 13-50.

Syrquin, M., & Chenery, H. (1989). Three Decades of Industrialization. *The World Bank Economic Review*, 3(2), 145–181. doi:10.1093/wber/3.2.145.

Tobler W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region, *Economic Geography*, 46:234–40.

Wang, H., & Liu, P. (2023). Spatial correlation network of renewable energy consumption and its influencing factors: evidence from 31 Chinese provinces. *Renewable Energy*, 217, 119173.

Wang, J., Sun, F., Lv, K. and Wang, L. (2022). Industrial agglomeration and firm energy intensity: How important is spatial proximity?, *Energy Economics*, 112, 106155.

Wu, Y.-M. (2009). Spatial Econometric Analysis of Energy Efficiency Convergence of Chinese Provinces. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*. doi:10.1109/appeec.2009.4918776.

Zhang, J., Zhang, K., & Zhao, F.(2020). Spatial effects of economic growth, energy consumption and environmental pollution in the provinces of China—An empirical study of a spatial econometrics model. *Sustainable Development*. doi:10.1002/sd.2042.

Zhang, W. and Wang, N. (2021). Decomposition of energy intensity in Chinese industries using an extended LMDI method of production element endowment, *Energy*, 221(15):119846.

Zhang, X., Su, B., Yang, J. and Cong, J. (2022). Analysis of Shanxi Province's energy consumption and intensity using input-output framework (2002–2017), *Energy*, 250: 123786.

Zhao, F., Sun, Y., Zhang, J., & Sun, P. (2021). Modeling the spatial correlations among energy consumption, economic growth, and the ecological environment. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 1-13.