-- Journal of Economic Research------
Volume 22, Issue 85, Summer 2022, 155-188
joer.atu.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.22054/joer.2023.70035.1092

ATU PRESS

Economic Complexity and Fossil Energy Consumption: An Empirical Analysis for Iranian Provinces

Reza Saeedi — Ph.D. Student in Oil and Gas Economics: Oil and Gas Laws and Contracts, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Shahryar Nessabian * — Associate Professor, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Reza Moghaddasi — Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Extension and Education, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Marjan Damankeshideh — Assistant Professor, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Economic complexity refers to the accumulation of productive capabilities in an economy. Accelerating the accumulation of these capabilities increases the capacity to invent and absorb new technologies. Over the initial stages of economic development, most countries absorb energy-intensive technologies, which will lead to an increase in fossil energy consumption. By increasing the economic complexity of a country and the accumulation of complex capabilities, it becomes possible to absorb and invent new energy-efficient and clean technologies, which will be a factor in reducing the intensity of fossil energy consumption. In this paper, we investigate the effect of the economic complexity of Iran's provinces on the consumption of fossil energy over the period 2005-2018. For this purpose, the system GMM estimator in dynamic panel data has been applied. The results of the paper indicate that the increase in the economic complexity of the provinces is the driver of fossil energy consumption, so that the hypothesis of the "Energy-Environmental Kuznets Curve" across the provinces of the country is rejected. Accordingly, making the current production structure more complex in Iran's economy will not help to reduce fossil energy consumption. Other results show that (a) the per capita consumption of fossil energy is inelastic with respect to the relative price of fuel, and (b) the rate of urbanization is the driver of energy consumption. According to the findings of the research, it is recommended that instead of implementing pricing policies to reduce energy consumption, the government should emphasize changing the production structure by using clean technologies.

Keywords: Energy consumption, Economic complexity, Hypothesis of "Energy-Environmental Kuznets Curve"; Panel data, System GMM estimator, Province.

JEL Classification: Q43; H70; L16; O53; C23

- The present article is taken from the doctoral thesis of the economics department of Islamic Azad University, Central Tehran branch.

* Corresponding Author: Sh.nessabian@iau.ac.ir

How to Cite: Saeedi, R. Nessabian, Sh, Moghaddasi, R., Damankeshideh, M. (2022). Economic complexity and fossil energy consumption: an empirical analysis based on the data of Iranian provinces. *Journal of Economic Research*, 85 (22), 155-188.

Original Research
Received: 20/Sep/2022 Review: 04/Jan/2023 Accepted: 06/Mar/2023
ISSN: 1735-210x eISSN: 6453-2476

-- پژوهشنامه اقتصادی ---------
دوره ۲۲، شماره ۸۵، تابستان ۱۴۰۱، ۱۵۵-۱۸۸
joer.atu.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.22054/joer.2023.70035.1092

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵
ISSN:۱۷۳۵-۲۱۰X
eISSN: ۶۴۵۳-۲۴۷۶

پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی فسیلی: تحلیل تجربی بر پایه داده‌های استان‌های ایران

رضا سعیدی — دانشجوی دکتری اقتصاد حقوق و قراردادهای نفت و گاز، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایران

شهریار نصابیان * — دانشیار، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رضا مقدسی — دانشیار، گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مرجان دامنکشیده — استادیار، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

پیچیدگی اقتصادی به انباشت توانمندی‌های مولد در یک اقتصاد اطلاق می‌شود. با تسریع انباشت این توانمندی‌ها، ظرفیت اختراع و جذب تکنولوژی‌های جدید را افزایش می‌یابد. در مراحل آغازین توسعه اقتصادی، اغلب کشورها تکنولوژی‌های انرژی‌بر را جذب می‌کنند؛ عاملی که منجر به افزایش مصرف انرژی فسیلی خواهد شد. با افزایش درجه پیچیدگی اقتصادی یک کشور و انباشت توان‌مندی‌های پیچیده، امکان جذب و تولید تکنولوژی‌های جدید انرژی‌اندوز و پاک فراهم می‌شود که عاملی در جهت کاهش شدت مصرف انرژی‌های فسیلی خواهد بود. در این تحقیق تأثیر پیچیدگی اقتصادی استان‌های ایران بر مصرف انرژی فسیلی طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۷ بررسی شده است. برای این منظور از تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی داده‌های پنلی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، افزایش پیچیدگی اقتصادی استان‌ها محرک مصرف انرژی فسیلی است به طوری که فرضیه «انرژی - منحنی کوزنتس زیست‌محیطی» بین استان‌های کشور رد می‌شود. بر این اساس، پیچیده‌تر شدن ساختار فعلی تولید در اقتصاد ایران به کاهش مصرف انرژی فسیلی کمکی نخواهد کرد. سایر نتایج نشان می‌دهد که الف- مصرف سرانه انرژی فسیلی نسبت به قیمت نسبی سوخت بی‌کشش است. ب- نرخ شهرنشینی محرک مصرف انرژی است. به موجب یافته‌های تحقیق توصیه می‌شود، دولت به جای اجرای سیاست‌های قیمتی به منظور کاهش مصرف انرژی بر تغییر ساختار تولیدی با به‌کارگیری تکنولوژی‌های پاک تأکید کند.

کلمات کلیدی: مصرف انرژی، پیچیدگی اقتصادی، فرضیه انرژی – منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، داده‌های پنلی، تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی، استان.

طبقه‌بندی JEL: Q43; H70; L16; O53; C23.

- مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی است.

* نویسنده مسئول: Sh.nessabian@iau.ac.ir

۱. مقدمه

با توجه به مخاطرات مهم اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مصرف انرژی، یکی از اهداف سیاست‌گذاران، سازمان‌های بین‌المللی و محققان، شناسایی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی می‌باشد که در این راستا محرک‌ها و بازدارنده‌های مختلفی شناسایی شده‌اند. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف انرژی (که در اغلب مطالعات تجربی در نظر گرفته شده است)، رشد اقتصادی و تحولات ساختار تولیدی کشور در فرآیند توسعه اقتصادی است[۱]. در جوامعی که مبتنی بر کشاورزی بوده و عامل تولید غالب، نیروی کار است، مصرف انرژی پایین است، اما وقتی فرآیند صنعتی شدن در کشورها آغاز و سرمایه فیزیکی جایگزین نیروی کار می‌شود، مصرف انرژی در ساختار تولیدی کشور افزایش می‌یابد و انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید مهم تبدیل می‌شود. از این رو، همگام با جهش‌های قابل توجه در رشد اقتصادی کشورها، مصرف انرژی نیز افزایش می‌یابد که قطعا مخاطرات برشمرده شده در بالا را به همراه دارد (دل انگیزان و همکاران، ۱۳۹۵).

یکی از فرضیه‌های مهم که رابطه مصرف انرژی را با تغییرات ساختار تولیدی پیش‌بینی می‌کند، فرضیه «انرژی - منحنی کوزنتس زیست‌محیطی»[۲] است. بر اساس این فرضیه، بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی یک رابطه U معکوس وجود دارد؛ به طوری که در مراحل اولیه صنعتی شدن، همراه با توسعه بخش صنعت، مصرف انرژی افزایش می‌یابد. اما اگر سطح درآمد کشور از یک حد آستانه‌ای عبور کند به دلیل انباشت توانمندی‌های[۳] مختلف در کشور (که خود محصول توسعه صنعتی است) جذب و تولید تکنولوژی‌های پیشرفته و انرژی‌اندوز امکان‌پذیر بوده و هزینه کشف پایین[۴] برای اقتصاد ملی به همراه دارد که این امر منجر به کاهشی شدن شدت مصرف انرژی در ساختار

---

۱ یکی دیگر از عوامل موثر بر مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است. دسته‌ای از محققان از جمله ویتا و همکاران (۲۰۲۱) معتقدند که کشورهای توسعه یافته به منظور کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش تولید آلودگی، صنایع آلاینده خود را به کشورهای در حال توسعه با وفور نسبی سوخت‌های فسیلی سوق داده‌اند و پناهگاه امنی برای خود از این منظر ایجاد کرده‌اند. در مقابل عده‌ای دیگر مانند نپال و همکاران (۲۰۲۱) معتقدند سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به ورود تکنولوژی‌های جدید و انرژی‌اندوز می‌شود که به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند.

2. Energy-Environmental Kuznets Curve
3. Capabilities
4. Discovery cost

تولیدی کشور می‌شود (Pablo-Romero and Jesús, 2016; Li, et al., 2020 and Mahmood, et. al., 2021).

حقایق موجود در مورد اقتصاد ایران نشان می‌دهد، شدت مصرف انرژی در ایران به مراتب از کشورهای توسعه یافته مانند ژاپن و کشورهای اورپایی و کشورهای جهان سوم بیشتر است (دل‌انگیزان، ۱۳۹۵) که یکی از دلایل مهم آن ناکارایی در مصرف انرژی است (عزیزی، ۱۳۹۸). شدت مصرف انرژی بالا و ناکارایی در مصرف انرژی از یک طرف، منجر به اتلاف منابع و از طرف دیگر، منجر به کاهش درآمدهای ارزی کشور شده‌اند. از این رو، سیاست‌گذاران هر دو نوع سیاست قیمتی و سیاست‌های غیرقیمتی (مانند بهبود کارایی انرژی، پیشرفت فناوری وجایگزینی عوامل تولید) را پیشنهاد داده‌اند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳ و محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۰). موفقیت سیاست‌های غیرقیمتی در گرو جذب و تولید تکنولوژی‌های جدید و انرژی‌اندوز و تحولات محیط زیست‌محور (هم از جهت حجم مصرف انرژی و هم از جهت افزایش در کارایی مصرف انرژی) در ساختار تولید کشور است.

سوال مهم که انگیزه اصلی این تحقیق شد، آن است که آیا تحولات ساختاری در اقتصاد ایران طی دو دهه اخیر در جهت کاهش مصرف انرژی بوده است؟ اغلب مطالعات قبلی برای مدل‌سازی تأثیر تحولات ساختاری بر مصرف انرژی، تغییرات سهم بخش‌های عمده (کشاورزی، صنعت و خدمات) در اقتصاد کشور را در نظر گرفته‌اند، اما در این تحقیق از منظر تئوری پیچیدگی اقتصادی، تأثیر تحولات ساختاری در اقتصاد کشور بر مصرف انرژی بررسی می‌شود.

بر اساس تئوری پیچیدگی اقتصادی، درجه پیچیدگی یک اقتصاد به انباشت توانمندی‌های مولد[1] در آن اقتصاد بستگی دارد. توانمندی‌های مولد در سه سطح خرد (عوامل تولید کلاسیک مانند زمین، سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی)، میانی (بنگاه‌های تولیدی که عوامل تولید را به خدمت می‌گیرند) و کلان (زیرساخت‌های اجتماعی مانند نهادها) دسته‌بندی می‌شوند. هرچه انباشت این توان‌مندی‌ها در اقتصاد بیشتر شود، ظرفیت جذب[2] آن اقتصاد (برای جذب و تولید توانمندی‌های جدید و همچنین تکنولوژی‌های

1 . Productive capabilities
2 . Absorptive capacity

جدید) افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به افزایش پیچیدگی اقتصادی می‌شود. اگر با افزایش درجه پیچیدگی در مراحل آغازین توسعه اقتصادی، یک کشور بتواند تکنولوژی‌های جدید، اما انرژی‌بر را جذب کند، آنگاه افزایش پیچیدگی منجر به افزایش مصرف انرژی خواهد شد. اما اگر به همراه تداوم فرآیند توسعه اقتصادی و افزایش درجه پیچیدگی اقتصادی یک کشور، توانمندی‌های مولد جدید در آن اقتصاد انباشته شوند به طوری که امکان جذب و تولید تکنولوژی‌های جدید انرژی‌اندوز و پاک برای آن اقتصاد فراهم شود در این صورت امکان تحولات جدید در ساختار تولیدی کشور که با کاهش مصرف انرژی همراه خواهد بود، میسر می‌شود.

در این تحقیق سعی می‌شود برای اولین بار، تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های فسیلی در سطح استان‌های ایران بررسی شود. بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد، مطالعات مختلفی به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی، انتشار CO2، نابرابری درآمدی و رشد اقتصادی پرداخته‌اند. در ایران نیز چندین مطالعه به بررسی تعیین‌کننده‌های مصرف انرژی با تأکید بر پیچیدگی اقتصادی انجام شده است که می‌توان مطالعات عزیزی (۱۳۹۸الف)، عزیزی (۱۳۹۸ب) و عزیزی و همکاران (۱۳۹۸) اشاره کرد. در میان مطالعات داخلی دو مطالعه به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در اقتصاد ایران و بخش صنعت پرداختند و از شاخص پیچیدگی منتشر شده در سایت «رصدخانه پیچیدگی اقتصادی» استفاده کردند که محاسبات آنها بر اساس آمار صادرات در سطح کدهای HS و یا SITC است. همان‌طور که سعیدی و همکاران (۱۴۰۱) تشریح کرده‌اند به دلایل زیر آمار صادرات ایران چندان آینه مناسبی از ساختار تولید کشور نیستند: ۱- شاخص پیچیدگی اقتصادی برای اقتصاد ایران طی دوره ۱۹۶۵-۲۰۱۹ محاسبه شده است در حالی‌که گمرک جمهوری اسلامی ایران تنها برای دوره ۱۹۹۷-۲۰۱۹ در سطح کدهای HS آمار منتشر کرده است. بنابراین شاخص پیچیدگی اقتصادی جمهوری اسلامی ایران برای سال‌های ۱۹۶۵-۱۹۹۶ بر اساس گزارشات آماری شرکای تجاری محاسبه شده است. مقایسه آمار تجارت اعلام شده از سوی گمرک جمهوری اسلامی ایران با آمار ارایه شده از سوی شرکای تجاری ایران مثلا ترکیه و یا پاکستان حاکی از اختلافات آماری شدید بین منابع آماری است. بنابراین، احتمال وجود خطای اندازه‌گیری در شاخص پیچیدگی محاسبه شده برای اقتصاد ایران طی دوره

۱۹۶۵-۱۹۹۶ بسیار زیاد است. ۲- به دلیل قدرت رقابت‌پذیری اندک رشته فعالیت‌های تولیدی مانند خودروسازی و یا نساجی و همچنین اعمال تحریم‌های ظالمانه علیه ایران، سهم هر رشته فعالیت صنعتی از کل ارزش افزوده کشور با سهم آن رشته فعالیت صنعتی از کل صادرات تطابق ندارد. از این رو، در بسیاری از رشته فعالیت‌های صنعتی ایران حضور دارد، اما قدرت صادراتی بالایی ندارد که این امر منجر به کمتر از حد برآورد شدن شاخص پیچیدگی اقتصادی می‌شود.

در این تحقیق با کمک شاخص پیچیدگی اقتصادی استان‌های کشور که توسط سعیدی و همکاران (۱۴۰۱) محاسبه شده است، سعی می‌شود برای اولین بار تأثیر پیچیدگی اقتصادی استان‌ها بر مصرف انرژی آنها با کمک مدل‌های اقتصاد سنجی داده‌های پنلی پویا تخمین زده شود. بررسی‌های محققین تحقیق نشان می‌دهد تاکنون مطالعه داخلی و یا خارجی به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی استان‌های ایران نپرداخته است.

به منظور نیل به اهداف تحقیق، سایر بخش‌های مقاله به این صورت تنظیم شده است که در بخش دوم، مبانی نظری عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و یافته‌های مطالعات تجربی خارجی و داخلی مرور می‌شوند. در بخش سوم داده‌های تحقیق و مدل تجربی معرفی می‌شود. در بخش چهارم نتایج مدل اقتصاد سنجی ارایه می‌شود و در نهایت در بخش آخر نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارایه می‌شوند.

۲. مروری بر مبانی نظری و یافته‌های مطالعات تجربی

در این بخش ابتدا مبانی نظری در مورد عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی و سپس مبانی نظری در مورد تئوری پیچیدگی اقتصادی ارایه خواهد شد و در پایان تعدادی از مطالعات داخلی و خارجی در مورد تعیین‌کننده‌های شدت مصرف انرژی ارایه خواهند شد.

۲-۱. مبانی نظری

یکی از دغدغه‌های امروز سیاست‌گذاران، تلاش برای مدیریت و کاهش مصرف از طریق ابزارهای غیرقیمتی (غیرتورم‌زا) است. بر این اساس اولین گام برای کنترل روند افزایش مصرف انرژی، شناسایی کامل ساختار آن و عوامل مؤثر بر افزایش یا کاهش آن

است. بر اساس مبانی نظری، عوامل مختلفی بر مصرف انرژی تأثیر می‌گذارند که در این بخش به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

۲-۱-۱. تولید ناخالص داخلی

رشد و توسعه اقتصادی از اهداف اصلی سیاست‌گذاران اقتصادی محسوب می‌شود. نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است که سرعت روند رشد و توسعه اقتصادی در کشورها تاحدود زیادی به سطح مصرف و کارایی انرژی بستگی دارد ،مزرعتی و متوسلی(۱۳۸۷) و همچنین رابطه معکوس نیز برقرار است. برای بررسی تغییرات شدت انرژی می‌توان کشش مصرف انرژی نسبت به تولید ناخالص داخلی را تحلیل کرد. اگر شدت انرژی ثابت باشد، رشد مصرف انرژی متناسب با رشد فعالیت‌های اقتصادی بوده و به این ترتیب احتمال می‌رود کشش مصرف انرژی نسبت به تولید ناخالص داخلی برابر با واحد باشد. بنابراین، کاهش شدت انرژی به معنای کشش کمتر از واحد خواهد بود و کاهش شدت انرژی با یک نرخ ثابت منجر به رابطه معکوسی میان کشش مصرف انرژی نسبت به تولید ناخالص داخلی و نرخ رشد اقتصادی می‌شود. برعکس، ثابت بودن کشش مصرف انرژی نسبت به تولید ناخالص داخلی نشان‌دهنده وجود رابطه خطی میان تغییرات شدت انرژی و رشد اقتصادی است. در این صورت رابطه لگاریتم خطی بین شدت انرژی و تولید ناخالص داخلی وجود خواهد داشت که بر اساس آن، اشکال تابعی متفاوتی با توجه به مقدار کشش درآمدی، نتیجه خواهد شد (Destais, et al., 2007 and Vahid, et al., 2019).

۲-۱-۲. فرآیند صنعتی شدن

صنعتی شدن زیربنای تحریکات توسعه‌ای در هر کشور و از مهم‌ترین عوامل تحول ساختاری است. یکی از کانال‌های عمده تسریع رشد اقتصادی کشورها، رشد بخش صنعت است. اگر فرآیند صنعتی شدن با توسعه صنایع انرژی‌بر همراه باشد که عمدتا در مراحل اولیه صنعتی شدن اتفاق می‌افتد، مصرف انرژی افزایش خواهد یافت، اما با تداوم فرآیند صنعتی شدن ورود تکنولوژی‌های جدید، پیشرفت تکنولوژیکی موجب می‌شود شدت مصرف انرژی کاهش یابد. به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های جدید و افزایش بهره‌وری نیروی کار موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود و کارایی انرژی افزایش می‌یابد، ناجی میدانی و همکاران (۱۳۹۴) و (Liu & Bae 2018).

۲-۱-۳. زیرساخت حمل و نقل

حمل و نقل به عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر رونق اقتصادی از طریق جابه‌جایی بار و مسافر، امکان دسترسی به رفاه و تسهیلات ملی را افزایش می‌دهد. بخش حمل و نقل اهمیت ویژه و جایگاه مهمی در جوامع بشری دارد و یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی کشورها محسوب می‌شود و پیشرفت آن نقش برجسته‌ای در ایجاد تحول در سایر بخش‌های صنعتی، کشاورزی و تولیدی ایفا می‌کند تا جایی که امروزه بیشتر اندیشمندان و صاحب‌نظران اقتصادی، رشد و توسعه همه جانبه کشورها را مشروط به توسعه بخش حمل و نقل می‌دانند و این صنعت را محور فعالیت‌های اساسی و زیربنایی و لازمه تحول می‌شمارند (بابازاده و همکاران، ۱۳۸۸).

حمل و نقل عاملی مهم در میزان مصرف انرژی به شمار می‌آید (Chousa, et al., 2008 and Wang, et al., 2019[1]). بنابراین، بدیهی است در مناطقی که تعداد سفرها زیاد است، سفرها با مسافت طولانی‌تری انجام می‌گیرد و از آنجایی که تعداد وسایل نقلیه بیشتر است، مصرف انرژی نیز بیشتری می‌شود.

۲-۱-٤. عوامل جمعیت شناختی

از منظر شهرنشینی، گسترش آن منجر به مهاجرت افراد از روستا به شهر می‌شود. بر این اساس افرادی که در روستا دسترسی چندانی به انرژی نداشتند با کوچ به شهر به دلیل فراهم بودن زیرساخت‌ها، مصرف انرژی آن‌ها افزایش می‌یابد. علاوه بر این، تقاضای کل نیز افزایش می‌یابد که عامل مهمی برای افزایش تولید و افزایش مصرف انرژی است (Holtedahl & Joutz, 2004). افزایش جمعیت همچنین منجر به افزایش تقاضا برای وسایل حمل و نقل می‌شود. اگر سیستم حمل و نقل توسعه یافته نباشد، این افزایش تقاضا منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود، اما اگر زیرساخت‌های حمل نقل توسعه یافته باشند و یا افزایش تقاضا منجر به اثرات سرریز ناشی از مقیاس شود و شبکه حمل و نقل توسعه پیدا کند، آنگاه ممکن است شدت مصرف انرژی را کاهش دهد (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۸ و Wang, et al., 2018).

1. Chousa, P., et al. & Wang, Z., et al.

۲-۱-۵. وضعیت آب و هوایی

شدت مصرف انرژی به خصوص در بخش خانگی ارتباط مستقیمی شرایط آب و هوایی دارد. به طوری که در مناطق سردسیر مانند استان‌های غربی و شمال غرب کشور شدت مصرف انرژی نسبت به مناطق گرمسیر مانند جنوب کشور بسیار بیشتر است که این مورد را بین کشورها نیز می‌توان مشاهده کرد. به عنوان مثال، می‌توان به شدت مصرف انرژی بین کانادا و ژاپن اشاره کرد (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۸ و Hashempour, et al., 2020).

۲-۱-٦. پیچیدگی اقتصادی

یکی از تئوری‌های که در سال‌های اخیر در علم اقتصاد توسعه پیدا کرده «نظریه پیچیدگی اقتصادی[1]» است. این نظریه توسط هازمن[2] و هیدالگو[3] در یک سری مطالعات - هازمن و همکاران (۲۰۰۷)، هازمن و هیدالگو (۲۰۰۷)، هیدالگو و همکاران (۲۰۰۷)، هازمن و همکاران (۲۰۰۷) و هیدالگو و هازمن (۲۰۰۹)- توسعه یافته است. مبنای فکری نظریه پیچیدگی اقتصادی آن است که فرآیند توسعه اقتصادی، یادگیری تولید و صادرات محصولات پیچیده‌تر است. آن‌ها نشان دادند که فرآیند توسعه اقتصادی به شدت به ظرفیت یک کشور برای انباشت توانمندی‌های مورد نیاز تولید محصولات مختلف و مهارت برتر بستگی دارد. توانمندی‌های مولد شامل عوامل تولید فیزیکی مانند سرمایه فیزیکی، راه‌ها، پل‌ها، شبکه حمل و نقل و... و عوامل تولید غیرملموس مانند سرمایه انسانی و اجتماعی، نهادها، فرهنگ‌ها، هنجارها، شبکه‌های اجتماعی خاص و مهارت‌ها می‌شوند که ساختار تخصصی شدن یک کشور در تولید یک کالا را تعیین می‌کنند. اگر کشورها در تولید کالاهایی مشابه کالاهای تولیدی اقتصادهای توسعه یافته تخصص پیدا کنند، احتمالا رشد اقتصادی سریع‌تری را تجربه خواهند کرد. به عبارت بهتر، کشورهای غنی، ساختار تولیدی خود را با محصولات کشورهای ثروتمند و کشورهای فقیر ساختار خود را با محصولات کشورهای فقیر گره زده‌اند. در یک کلام، کشورها به چیزی تبدیل می‌شوند که تولید می‌کنند. بر اساس این رویکرد، احتمال اینکه یک کشور قادر به توسعه توانمندی‌ها برای

1. Economic complexity theory
2. Hausmann, R
3. Hidalgo, C.A

تولید یک محصول باشد، بستگی به توانمندی‌های فعلی آن کشور در تولید محصولاتی دارد که تشابه و ارتباط نزدیکی با آن محصول خاص دارند.

توسعه‌دهندگان نظریه پیچیدگی اقتصادی به منظور اندازه‌گیری درجه پیچیدگی اقتصادی کشورها شاخص پیچیدگی اقتصادی را توسعه دادند و معتقدند که این شاخص میزان انباشت توانمندی‌های مولد در هر اقتصاد را اندازه‌گیری می‌کند؛ فاکتورهایی که توانمندی اقتصاد در کشف تکنولوژی‌های جدید و جذب تکنولوژی‌های وارداتی را میسر می‌سازند. بر این اساس با توسعه پیچیدگی اقتصادی هر کشور به دلیل گسترش به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید، کارایی تولید افزایش خواهد یافت که ممکن است بر کارایی مصرف انرژی اثر مثبت داشته باشد. این مهم باعث کاهش مصرف سوخت در بخش‌های تولیدی و حتی حمل و نقل تولید می‌شود (قاسمی و محمدخان‌پور اردبیل، ۱۳۹۳). علاوه بر اثر جانشینی، افزایش پیچیدگی اقتصادی ممکن است اثرات درآمدی نیز داشته باشد. به دلیل گسترش تکنولوژی، حجم تولید افزایش یافته و می‌تواند منجر به افزایش مصرف انرژی شود. به این پدیده اثر برگشتی[1] نیز می‌گویند. جونز[2] (۱۸۶۶) برای اولین بار این پدیده را تشریح کرد. او در اقتصاد بریتانیا مشاهده کرد که با اختراع یک ماشین بخار کارامدتر، نه تنها مصرف زغال سنگ کاهش نیافته، بلکه تقاضا برای زغال سنگ افزایش یافته است. ساز و کار ایجاد آثار بازگشتی به این شکل است که با بهبود فناوری و کارایی بیشتر انرژی، هزینه هر واحد خدمات دریافتی از انرژی کاهش می‌یابد. این امر سبب افزایش انگیزه برای استفاده از انرژی می‌شود و در نتیجه، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد (Lin and Du, 2015). بر این اساس، آثار بازگشتی بخشی از کاهش مصرف انرژی ناشی از بهبود فناوری را بازگشت می‌دهند. در صورتی که این آثار بازگشتی بزرگ‌تر از اثر اولیه باشند، حتی می‌توانند مصرف انرژی را افزایش دهند. بنابراین، اثر نهایی بهبود فناوری بر مصرف انرژی به بزرگی این دو اثر بستگی دارد.

علاوه بر این، تحولات شاخص پیچیدگی اقتصادی، درجه تحولات ساختاری در هر اقتصاد را نشان می‌دهد. هرچه میزان پیچیدگی یک اقتصاد بیشتر شود، نشان می‌دهد توانمندی‌های مولدتری در آن اقتصاد انباشته شدند؛ از این رو، احتمال شکل‌گیری صنایع

1. Rebound effect
2. Jones ,W.

پیشرفته‌تر در آن اقتصاد بیشتر است. در اوایل تحولات ساختاری که اقتصاد از بخش کشاورزی به سمت بخش صنعت حرکت می‌کند، میزان پیشرفت تکنولوژیکی چندان چشمگیر نیست و احتمال شکل‌گیری صنایع انرژی‌بر و حتی قوی بودن آثار بازگشتی بیشتر است و احتمالا تحولات ساختاری منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود. برای مثال، نتایج ما و همکاران[1] (۲۰۰۹) نشان می‌دهد که بهبود فناوری و استفاده از فناوری‌های جدید به دلیل انرژی‌بر بودن سبب افزایش مصرف انرژی درکشور چین می‌شود. وقتی فرآیند توسعه اقتصادی توسعه پیدا می‌کند و اقتصاد پیچیده‌تر می‌شود، هزینه کشف تکنولوژی‌های جدید کاهش یافته و قدرت جذب اثرات سرریز تکنولوژی‌های جدید و پاک بیشتر می‌شود؛ از این رو، احتمال کاهش مصرف انرژی نیز بیشتر خواهد بود.

۲-۲. مروری بر مطالعات قبلی انجام شده

بررسی مطالعات انجام شده قبلی نشان می‌دهد، تنها دو مطالعه داخلی و یک مطالعه خارجی به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی پرداختند. عزیزی (۱۳۹۸الف) به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش صنعت با کمک آزمون همجمعی یوهانسن[2] طی دوره ۱۳۵۵-۱۳۹۵ پرداخته است. بر اساس نتایج این تحقیق، پیچیدگی اقتصادی به طور مستقیم منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود، اما به طور غیرمستقیم از اثرات انرژی‌بری رشد ارزش افزوده بخش صنعت می‌کاهد. عزیزی معتقد است به دلیل آثار بازگشتی و متنوع‌سازی سبد صادراتی به سمت محصولات فناورانه منجر به تأثیر مثبت پیچیدگی بر مصرف انرژی می‌شود.

عزیزی (۱۳۹۸ب) به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر سطح مصرف انرژی در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۵۵-۱۳۹۲ با کمک رگرسیون غیر خطی پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که الف- پیچیدگی اقتصادی اثر غیر خطی بر مصرف انرژی دارد، ب- در رژیم پایین، تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی مثبت است که احتمالا ناشی از اثر بازگشتی انرژی است. در رژیم بالا، پیچیدگی مانعی در مقابل افزایش مصرف انرژی است و به نوعی منجر به انرژی اندوزی رشد صنعت می‌شود. ج- در رژیم بالا، کشش قیمتی و درامدی مصرف انرژی بیشتر از رژیم پایین است.

1. Ma, H., et al.
2. Johansen cointegration test

فانگ و همکاران[1] (۲۰۲۱) تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در کشورهای OECD را طی دوره زمانی ۱۹۷۸-۲۰۱۶ بررسی کردند. برای این منظور از تخمین‌زن‌های نسل دوم داده‌های پنلی که همبستگی مقطعی بین اعضای پنل را ممکن می‌سازند، استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد درآمد سرانه منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود در حالی که قیمت واقعی انرژی و پیچیدگی اقتصادی منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شوند.

لیو و همکاران[2] (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بین کشورهای عضو همکاری لنکانگ- میکونگ[3] پرداختند، اما نتوانستند به نتایج معنی‌دار آماری از تأثیرگذاری پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی دست پیدا کنند.

کن و احمد[4] (2023) تأثیر پیچیدگی اقتصادی را بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در ۱۴ عضو اتحادیه اورپا طی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۷ با کمک تخمین-زن‌های نسل دوم داده‌های تابلویی بررسی کردند. نتایج بررسی ایشان نشان می‌دهد، پیچیدگی اقتصادی محرک مصرف انرژی تجدیدپذیر و مانع مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در این است.

کن و همکاران (۲۰۲۲) به مقایسه تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در ۲۱ کشور توسعه یافته و ۴۴ کشور در حال توسعه طی دوره ۱۹۷۱-۲۰۱۴ پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد، پیچیدگی اقتصادی محرف مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه و کاهنده مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته هستند.

۳. معرفی مدل تحقیق، روش‌شناسی و داده‌ها

در این قسمت ابتدا مدل تجربی تحقیق تصریح و سپس روش اقتصاد سنجی برای تخمین مدل تجربی تشریح می‌شود. در پایان متغیرهای مورد استفاده در تخمین مدل تجربی معرفی می‌شوند.

---

1 . Fang, J., et al.
2. Liu, H., et al.
3. Lancang-Mekong Cooperation
4. Can, M & Ahmed, Z.

۱-۳. معرفی مدل تجربی

به منظور بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در استان‌های کشور به پیروی از فانگ و همکاران (۲۰۲۱)، مدل اقتصاد سنجی به صورت رابطه (۱) تصریح شده است.

$$ENC_{it} = f(ECI_{it}, \Psi) \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، ENC_{it} مصرف انرژی فسیلی سرانه در استان iام و سال tام است. ECI_{it} شاخص پیچیدگی استان iام در سال tام است. Ψ بردار متغیرهای کنترل است که شامل متغیرهایی مانند GDP سرانه واقعی، نرخ شهرنشینی و قیمت نسبی حامل‌های انرژی است.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی تشریح شد، شاخص پیچیدگی اقتصادی بیانگر تغییرات ساختاری در کشور ایت. بر اساس فرضیه انرژی - منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، بین تحولات ساختاری و مصرف انرژی رابطه غیرخطی وجود دارد. در این تحقیق از دو متغیر GDP سرانه و شاخص ECI برای سنجش تحولات ساختاری در اقتصاد استفاده می‌شود. بر این اساس با کمک معروف‌ترین و پرکاربردترین مدل غیرخطی در آزمون فرضیه کوزنتس؛ یعنی وارد کردن توان دوم GDP سرانه و یا ECI در مدل (۱)، دو مدل تجربی (۲) و (۳) تصریح می‌شوند.

$$ENC_{it} = \alpha_i + \rho ENC_{it-1} + \beta_1 ECI_{it} + \pi_1 (ECI_{it}^2) + \gamma_1 GDPPC_{it} + \gamma_2 URB_{it} + \gamma_3 REP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

$$ENC_{it} = \alpha_i + \rho ENC_{it-1} + \beta_2 GDPPC_{it} + \pi_2 (GDPPC_{it}^2) + \gamma_{11} ECI_{it} + \gamma_{22} URB_{it} + \gamma_{33} REP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۳)$$

در معادلات (۲) و (۳)، ENC_{it}، ECI_{it}، $GDPPC_{it}$، URB_{it} و REP_{it} به ترتیب مصرف سرانه انرژی فسیلی، شاخص پیچیدگی اقتصادی، GDP سرانه واقعی، نرخ شهرنشینی و قیمت نسبی حامل‌های انرژی است. تمامی متغیرهای تحقیق به غیر از شاخص پیچیدگی اقتصادی در حالت لگاریتم وارد مدل شده‌اند. چون شاخص پیچیدگی

اقتصادی بین اعداد منفی و مثبت تغییر می‌کند؛ از این رو، نمی‌توان شکل لگاریتمی آن را وارد مدل کرد. همچنین به منظور لحاظ توان دوم این شاخص در مدل (۲) ابتدا به تمامی مقادیر این شاخص یک مقدار عددی ثابت مثبت اضافه می‌شود تا تمامی اعداد این شاخص مثبت شوند و سپس توان دوم شاخص مذکور محاسبه می‌شود.

۲-۳. محاسبه شاخص پیچیدگی استان‌ها

در این مطالعه به پیروی از رویکرد سعیدی و همکاران (۱۴۰۱) از یک روش جایگزین برای محاسبه شاخص پیچیدگی استان‌ها استفاده می‌شود. مرکز آمار ایران هر ساله آمار ارزش افزوده استان‌های کشور را به تفکیک کدهای آیسیک دو رقمی منتشر می‌کند که مبنای اصلی بررسی‌ها در زمینه توان تولیدی هر استان است. آمار پیچیدگی در سطح کدهای آیسیک محاسبه نمی‌شود، اما پیچیدگی محصول در سطح کدهای شش رقمی HS هر ساله توسط محققین دانشگاه هاروارد محاسبه و در وب سایت OEC نمایه می‌شود. با کمک جدول تبدیل کدهای HS به ISIC (که توسط بانک جهانی در وب سایت WITS ارایه می‌شود[1])، می‌توان متوسط شاخص پیچیدگی کدهای HS زیرمجموعه هر کد آیسیک دو رقمی را محاسبه و به عنوان شاخص پیچیدگی آن کد آیسیک دو رقمی در نظر گرفت.

در گام دوم با کمک شاخص پیچیدگی کدهای آیسیک دو رقمی و به پیروی از هارتمن و همکاران[2] (۲۰۱۷) و میلی و تیتلبوین[3] (۲۰۲۰)، شاخص پیچیدگی اقتصادی استان‌های کشور بر اساس رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$PECI_i = \frac{1}{N_i}\sum_{j=1}^{p} MV_{ji} s_{ji} PCI_j \qquad (۴)$$

در رابطه (۴)، $PECI_i$ شاخص پیچیدگی اقتصادی استان iام و PCI_j شاخص پیچیدگی کد آیسیک jام هستند. MV_{ji} درایه ماتریس MV است که به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود.

1. https://wits.worldbank.org/product_concordance.html
2. Hartmann, D., et al.
3. Mealy, P & Teytelboym, A.

$$MV = \begin{bmatrix} mv_{11} & \cdots & mv_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ mv_{K1} & \cdots & mv_{KN} \end{bmatrix} \quad (۵)$$

درایه‌های ماتریس MV به صورت صفر یا یک تعریف می‌شوند. اگر استان اول در تولید کد آیسیک اول دارای مزیت نسبی آشکار شده بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد، آنگاه $mv_{11} = 1$ و در غیر این صورت $mv_{11} = 0$ خواهد بود. اینکه چه سطح آستانه‌ای برای صفر یا یک شدن درایه‌های ماتریس MV در نظر گرفته شود، یک موضوع تجربی است و تا حدودی به وسعت گروه‌های کالایی مورد بررسی بستگی دارد. برای مثال، هارتمن و همکاران (۲۰۱۷) مقدار آستانه برابر یک و میلی و تیتلبوین (۲۰۲۰) مقدار آستانه برابر صفر را در نظر گرفتند. به عبارت دیگر، بر اساس رویکرد هارتمن و همکاران (۲۰۱۷)، اگر $r_{ij} > 1$ آنگاه $mv_{11} = 1$ و در غیر این صورت برابر صفر خواهد بود. بر اساس رویکرد میلی و تیتلبوین (۲۰۲۰) اگر $r_{ij} > 0$ آنگاه $mv_{11} = 1$ و در غیر این صورت برابر صفر خواهد بود.

اگر از کدهای HS شش رقمی در تحلیل‌ها استفاده می‌شد که تعداد محدودی از کالاها را در بر می‌گرفت، آنگاه سطح آستانه برابر یک منطقی می‌بود، اما از آنجایی که کدهای آیسیک دو رقمی طیف وسیعی از محصولات را دربر می‌گیرند، از این رو، ممکن است استان‌هایی در یک کد آیسیک دو رقمی دارای مزیت نسبی آشکار شده بزرگ‌تر از یک نباشند، اما در تعدادی از محصولات (کدهای HS شش رقمی) زیر مجموعه آن کد آیسیک دارای مزیت نسبی باشند. بنابراین، اگر سطح آستانه برای مزیت نسبی آشکار شده از نیم به یک افزایش یابد، ممکن است تعدادی از کدهای آیسیک دو رقمی در محاسبه شاخص پیچیدگی یک استان حذف شوند در حالی که استان مذکور در تعدادی از محصولات زیر مجموعه آن کدهای آیسیک دارای مزیت نسبی آشکارشده بوده است. از این رو، مقدار آستانه به منظور صفر یا یک شدن درایه‌های ماتریس MV به ۰/۵ کاهش داده شده تا تعداد بیشتری از کدهای آیسیک دو رقمی در محاسبه شاخص پیچیدگی استان‌ها وارد رابطه (۴) شوند. s_{ji} سهم ارزش افزوده کد آیسیک jام از کل GDP استان iام و ($s_{ji} = \frac{VA_{ji}}{\sum_j VA_{ji}}$) و N_i عامل نرمالایز به منظور محاسبه میانگین وزنی ($N_i = \sum_{j=1}^{p} M_{ji} s_{ji}$) و p تعداد استان‌های کشور است.

۳-۳. روش‌شناسی پژوهش

اولین نکته در تخمین مدل‌های (۲) و (۳) آن است که به دلیل ساختار پویایی این مدل‌ها (به دلیل وجود وقفه اول مصرفه سرانه انرژی فسیلی یعنی ENC_{it-1}) استفاده از داده‌های سالیانه منجر به تورش به سمت پایین ضرایب مدل می‌شود. به منظور رفع این مشکل، کسلی و همکاران[1] (۱۹۹۶) پیشنهاد دادند از میانگین داده‌ها طی زیردوره‌های چند ساله استفاده شود. از این‌رو، در این تحقیق به جای استفاده از داده‌های سالیانه از میانگین داده‌ها طی زیردوره‌های سه ساله استفاده می‌شود. دوره زمانی این تحقیق شامل سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۴ است که بر اساس نظر کسلی و همکاران و به منظور کاهش تورش ضرایب برآورد شده به پنج دوره سه ساله تبدیل شده است. به عبارت دیگر، داده‌های پنلی در این تحقیق شامل ۲۸ مقطع (استان) و ۵ سال هستند و داده‌ها ماهیت سری زمانی-پنلی ندارند و بر این اساس امکان استفاده از آزمون‌های ریشه واحد و همجمعی وجود ندارد.

نکته مهم دیگر آن است که ساختار پویا سبب می‌شود که استفاده از تخمین‌زن‌های مرسوم داده‌های پنلی مانند اثرات ثابت و اثرات تصادفی با دو مشکل مهم مواجه شود؛ نخست به خاطر ارتباط بین α_i و متغیرهای توضیحی مدل استفاده از روش اثرات تصادفی برای تخمین آن مناسب نخواهد بود. دوم؛ به خاطر وجود مشکل درون‌زایی بین متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته (یعنی مصرف انرژی) روش اثرات ثابت قادر به حل مشکل تورش درون‌زایی متغیرهای توضیحی نخواهد بود و این روش تخمین‌های ناسازگاری را ارایه خواهد داد.

آرلانو و بوند[2] (۱۹۹۱) به صورت تئوریکی اثبات می‌کنند مناسب‌ترین تخمین‌زن برای مدل‌های پویای پنلی، تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم یافته[3] است. در روش تخمین گشتاورهای تعمیم یافته به منظور حذف تورش ناشی از وجود ارتباط بین متغیرهای توضیحی و جمله اثرات ثابت از معادلات (۲) و (۳)، تفاضل مرتبه اول گرفته می‌شود تا جمله اثرات ثابت از مدل حذف شود. به منظور تخفیف اثر مشکل درون‌زایی متغیرهای مستقل، از وقفه‌های این متغیرها به عنوان متغیر ابزاری استفاده می‌شود.

---

1. Caselli, F., et al.
2. Arrelano, M & Bound, J.
۳. جهت مطالعه به Arrelano & Bound (1991) و Blundell & Bound (1998) مراجعه نمایید.

بلوندل و بوند[1] (۱۹۹۸) تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی را پیشنهاد داده‌اند که در یک سیستم، رگرسیون در سطح را با رگرسیون در تفاضل‌ها ترکیب می‌کند. صحت نتایج به دست آمده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته داده‌های پنلی با کمک دو آماره m_j و سارگان[2] سنجیده می‌شود. آماره m_j برای آزمون عدم وجود خودهمبستگی سریالی در جملات خطا و آماره سارگان برای آزمون اعتبار ابزارهای به کار برده شده در مدل است.

۳-۳. معرفی داده‌ها

میزان مصرف انرژی فسیلی استان‌های کشور (۲۸ استان کشور[3]) از جمع مقدار مصرف فرآورده‌های مهم تامین‌کننده انرژی یعنی نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، بنزین، گاز مایع و گاز طبیعی (که با واحد معادل بشکه نفت خام اندازه‌گیری می‌شوند) در هر استان به دست آمده است. آمار مصرف فرآورده‌های نفت و گاز از ترازنامه‌های انرژی و هیدروکربوری منتشر شده توسط وزارتخانه‌های نفت و نیرو و سالنامه‌های آماری منتشر شده توسط مرکز آمار ایران جمع‌آوری شده است. از آنجایی که آمار رسمی مربوط به مصرف گاز طبیعی به تفکیک استان‌های کشور از سال ۱۳۸۴ منتشر شده است، دوره زمانی تحقیق شامل سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۷ (آخرین سال انتشار آمار مصرف انرژی استان‌ها) است.

آمار مربوط به شاخص پیچیدگی اقتصادی استان‌های کشور از نتایج مقاله سعیدی و همکاران (۱۴۰۱) با عنوان «محاسبه و تحلیل شاخص پیچیدگی اقتصادی در استان‌های کشور» اخذ شده است.[4]

مقادیر GDP اسمی استان‌ها با کمک شاخص قیمت مصرف‌کننده استانی (به قیمت ثابت ۱۳۹۰) به مقادیر واقعی و با کمک آمار جمعیت به مقادیر سرانه واقعی تبدیل شده‌اند. داده‌های GDP اسمی، شاخص قیمت مصرف‌کننده و جمعیت، نرخ شهرنسینی (جمعیت شهری هر استان به کل جمعیت آن استان) از مرکز آمار ایران جمع‌آوری

---

1. Blundell, R & Bound, J.
2. Sargan

۳. در این تحقیق استان البرز جزئی از استان تهران و استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی در قالب استان خراسان تجمیع شده‌اند.

۴. با توجه به محدودیت تعداد صفحات، به خوانندگان علاقه‌مند توصیه می‌شود در مورد نحوه محاسبه شاخص مذکور در سطح استانی، مقاله مذکور مطالعه شود.

شده‌اند. مقادیر شاخص قیمت اسمی سوخت و برق از بانک مرکزی ایران جمع‌آوری و با کمک شاخص قیمت مصرف کننده به مقادیر نسبی تبدیل شده‌اند.

٤. نتایج پژوهش

در جدول (۱) آماره‌های توصیفی مربوط به متغیرها (پنل الف) و ضریب همبستگی ساده بین متغیرها (پنل ب) آورده شده است. کمترین مقدار سرانه مصرف انرژی فسیلی مربوط به کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۸۴ و برابر ۴,۹۲۶ بشکه نفت خام و بیشترین مقدار مصرف سرانه انرژی فسیلی مربوط به بوشهر در سال ۱۳۹۷ و برابر ۷۲,۷۲ بشکه نفت خام است. میانگین مصرف سرانه انرژی فسیلی بین استان‌های کشور طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۹۷ برابر ۱۹,۴۰۶ بشکه نفت خام است. نتایج محاسبات برای شاخص پیچیدگی اقتصادی استانی نشان می‌دهد، کمترین مقدار عددی شاخص پیچیدگی مربوط به استان فارس در سال ۱۳۹۲ و برابر ۰/۰۸۷-و بیشترین مقدار عددی مربوط به استان بوشهر در سال ۱۳۹۲ و برابر ۰/۰۷۱ است. میانگین مقدار عددی شاخص پیچیدگی برای استان‌های کشور طی دوره مورد بررسی برابر ۰/۰۱۹- بوده است و از میان ۳۹۲ مشاهده، مقدار عددی شاخص پیچیدگی تنها برای ۴۹ مشاهده مثبت و برای بقیه مشاهدات منفی است. به عبارت دیگر، شاخص پیچیدگی اقتصادی استان‌های کشور در اغلب سال‌ها منفی بوده که حاکی از پیچیدگی پایین ساختار اقتصادی استان‌های کشور است.

در جدول (۱) مقدار عددی شاخص پیچیدگی اقتصادی برای دو سال ۱۳۸۴ و ۱۳۹۷ به همراه رتبه هر استان در دو سال آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقایسه شاخص پیچیدگی اقتصادی بین استان‌های کشور نشان می‌دهد استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، ایلام و بوشهر کمترین مقدار عددی پیچیدگی اقتصادی را در سال ۱۳۹۷ دارند که علت اصلی آن سهم بالای رشته فعالیت نفت خام و گاز طبیعی (با درجه پیچیدگی پایین) در اقتصاد این استان‌ها است. در رتبه‌های بعدی استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان قرار دارند. علت پایین بودن درجه پیچیدگی اقتصادی استان کرمان، سهم بالای رشته فعالیت سایر معادن در ساختار تولیدی این استان و علت پایین بودن درجه پیچیدگی استان سیستان و بلوچستان ناشی از سهم قابل توجه بخش کشاورزی و به خصوصی مزیت نسبی آشکار شده بالا در بخش ماهیگیری و همچنین برخورداری از

مزیت نسبی در رشته فعالیت‌های صنعتی مانند ساخت محصولات غذایی و انواع آشامیدنی‌ها و ساخت منسوجات بوده که درجه پیچیدگی اقتصادی آن‌ها منفی است.

در مقابل استان‌های قم، تهران، اصفهان، قزوین، مرکزی و آذربایجان شرقی در اغلب سال‌ها بیشترین درجه پیچیدگی اقتصادی را بین استان‌های کشور داشتند. همان‌طور که سعیدی و همکاران (۱۴۰۱) تشریح کرده‌اند، بالاترین سهم از مجوزهای صنعتی صادر شده به استان‌های تهران، اصفهان و خراسان رضوی، البرز، قزوین و آذربایجان‌شرقی اختصاص یافته است. همچنین بیشترین صنایع سنگین و نیمه سنگین در استان‌های تهران، اصفهان، خراسان رضوی، البرز، قزوین متمرکز هستند. همچنین بالاترین تعداد از مجوزهای صنعتی فعالیت‌های با فناوری بالا به استان‌های تهران، البرز و خراسان رضوی و کمترین سهم مجوزهای صنعتی فعالیت‌های با فناوری بالا به استان‌های کهگیلویه و بویر احمد، سیستان و بلوچستان، خراسان شمالی، ایلام و کردستان اختصاص داشته است.

در جدول (۲) ویژگی‌های توزیع‌های آماری متغیرهای تحقیق و ضریب همبستگی بین آن‌ها ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین GDP سرانه واقعی استان‌های کشور برابر ۱۵۱,۷۴۸۷ میلیون ریال است؛ به طوری که از ۳۹۲ مشاهده، مقدار عددی ۱۴۳ مشاهده که مربوط به استان‌هایی مانند اصفهان، بوشهر و تهران بوده از میانگین بیشتر است. میانگین شاخص نرخ شهرنشینی برابر ۶۸ درصد است که بین ۴۸ درصد (استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۹۵) و ۹۵ درصد (استان قم در سال ۱۳۹۷) در نوسان است. میانگین شاخص قیمت نسبی سوخت برابر ۱/۰۳ است و ۶ سال از ۱۴ سال مورد بررسی، مقدار عددی شاخص مذکور بزرگ‌تر از یک بوده که حاکی از بزرگ‌تر بودن قیمت سوخت نسبت به متوسط قیمت‌ها است.

در پنل (ب) جدول (۲)، ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای تحقیق نمایش داده شده است (علامت * حاکی از معنی‌داری ضریب همبستگی ساده در سطح ۵ درصد خطای آماری است). نتایج نشان می‌دهد بین مصرف سرانه انرژی فسیلی و متغیرهای توضیحی رابطه مثبت وجود دارد و برای تمامی متغیرهای تحقیق به جز قیمت نسبی سوخت، این ضریب در سطح خطای آماری ۵ درصد معنی‌دار است. قوی‌ترین ضریب همبستگی بین مصرف سرانه انرژی و GDP سرانه واقعی و سپس شاخص پیچیدگی اقتصادی وجود دارد که به ترتیب برابر ۸۳ و ۶۲ درصد است.

جدول ۱. مقدار عددی شاخص پیچیدگی اقتصادی استان‌ها در دو سال ۱۳۸٤ و ۱۳۹۷

استان	مقدار عددی شاخص		رتبه	
	۱۳۸٤	۱۳۹۷	۱۳۸٤	۱۳۹۷
قم	-۰/۰۰٤٤	-۰/۰۰۱٤	٤	۱
تهران	۰/۰۰۱٦	-۰/۰۰۱٤	۱	۲
اصفهان	-۰/۰۰۰٤	-۰/۰۰۳۷	۳	۳
قزوین	-۰/۰۰٦۱	-۰/۰۰۷۸	۷	٤
مرکزی	۰/۰۰۱۱	-۰/۰۰۸٤	۲	۵
آذربایجان شرقی	-۰/۰۰۵٤	-۰/۰۰۹۱	٦	٦
زنجان	-۰/۰۰۹۷	-۰/۰۰۹۲	۱۱	۷
سمنان	-۰/۰۰۵۳	-۰/۰۱۰٦	۵	۸
یزد	-۰/۰۰۸۳	-۰/۰۱۱۰	۹	۹
خراسان	-۰/۰۰۷۰	-۰/۰۱۱٤	۸	۱۰
گیلان	-۰/۰۰۹۵	-۰/۰۱۳۲	۱۰	۱۱
اردبیل	-۰/۰۱۷۵	-۰/۰۱٤۳	۲۲	۱۲
فارس	-۰/۰۱۳۰	-۰/۰۱٤۸	۱۲	۱۳
مازندران	-۰/۰۱٤۰	-۰/۰۱٦٤	۱۵	۱٤
همدان	-۰/۰۱۵٤	-۰/۰۱۷۳	۲۰	۱۵
کرمانشاه	-۰/۰۱٤٦	-۰/۰۱۸٤	۱٦	۱٦
کردستان	-۰/۰۱۳۸	-۰/۰۱۹۳	۱٤	۱۷
آذربایجان غربی	-۰/۰۱۵۲	-۰/۰۲۱٤	۱۸	۱۸
گلستان	-۰/۰۲٦۰	-۰/۰۲۲۳	۲٤	۱۹
هرمزگان	-۰/۰۱۳۷	-۰/۰۲۲۹	۱۳	۲۰
چهارمحال و بختیاری	-۰/۰۱۷٤	-۰/۰۲۳۲	۲۱	۲۱
لرستان	-۰/۰۱۵۳	-۰/۰۲٦۵	۱۹	۲۲
سیستان وبلوچستان	-۰/۰۱٤۷	-۰/۰۲٦۹	۱۷	۲۳
کرمان	-۰/۰۲۵۹	-۰/۰۳٤٤	۲۳	۲٤
بوشهر	-۰/۰٦۱۳	-۰/۰٤۵۲	۲۵	۲۵
کهگیلویه وبویراحمد	-۰/۵۲۲۲	-۰/۲۹۷۷	۲۸	۲٦
ایلام	-۰/۱۵٦٦	-۰/۳۸۸۱	۲۷	۲۷
خوزستان	-۰/۱۰۸٤	-۰/٤۳۱۵	۲٦	۲۸

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲. آماره‌های توصیفی و ضریب همبستگی ساده بین متغیرها

پنل الف- آماره‌های توصیفی				
متغیر	کمینه	میانگین	بیشینه	انحراف معیار
مصرف سرانه انرژی فسیلی	٤/٩٢٧	١٩/٤٠٦	٧٥/٨٥١	١١/٥٧٥
شاخص پیچیدگی اقتصادی	-٠/٠٨٨	-٠/٠١٩	٠/٠٧١	٠/٠٢٠
GDPسرانه واقعی	٥٤/٢٥٣	١٥١/٧٤٩	٨٠٥/٤٠٣	٧٣/٦٠١
نرخ شهرنشینی	٤٨/٥٠٤	٦٨/١٦٣	٩٥/٣٢٠	١١/٧٠٦
قیمت نسبی سوخت	٠/٦٦٠	١/٠٣٠	١/٨٨٨	٠/٣٠٦

پنل ب- ضریب همبستگی ساده بین متغیرها					
متغیر	مصرف سرانه انرژی فسیلی	شاخص پیچیدگی اقتصادی	GDP سرانه واقعی	نرخ شهرنشینی	قیمت نسبی سوخت
مصرف سرانه انرژی فسیلی	١	-	-	-	-
شاخص پیچیدگی اقتصادی	٠/٦٢٤٣*	١	-	-	-
GDPسرانه واقعی	٠/٨٣٢٢*	٠/٦١٤٦*	١	-	-
نرخ شهرنشینی	٠/٣٤٧٠*	٠/٤٧٩٢*	٠/٤١٣٣*	١	-
قیمت نسبی سوخت	٠/٠٢١٩	٠/٠٠٣	٠/٠٥٢٩	٠/٠١٠٤	١

* نشان‌دهنده معنی‌داری آماری ضریب همبستگی در سطح ۵ درصد است.

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج تخمین مدل (۳) با کمک تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی در جدول (۳) ارایه شده است. با توجه به اینکه توان دوم شاخص پیچیدگی وارد مدل (۳) نمی‌شود، از این رو، از اعداد واقعی شاخص پیچیدگی اقتصادی در تخمین مدل استفاده شده است. همچنین تمامی متغیرهای تحقیق به غیر از شاخص پیچیدگی اقتصادی به صورت لگاریتمی وارد مدل شده‌اند. نتایج تخمین نشان می‌دهد، ضریب متغیر GDP سرانه واقعی مثبت، برابر ۰/۶۶۰ و در سطح خطای آماری ۵ درصد معنی‌دار است، اما ضریب توان دوم GDP سرانه واقعی در سطوح مرسوم آماری معنی‌دار نیست. بنابراین،

فرضیه انرژی- منحنی کوزنتس زیست‌محیطی بین استان‌های کشور با کمک GDP سرانه واقعی نیز رد می‌شود. بر اساس نتایج، اگر رشد اقتصادی استان‌های کشور یک درصد افزایش یابد، مصرف سرانه انرژی ۰/۶۶۹ درصد افزایش خواهد یافت که نشان-دهنده کشش‌ناپذیر بودن مصرف سرانه انرژی استان‌ها نسبت به رشد اقتصادی است.

مقدار عددی ضریب شاخص پیچیدگی اقتصادی مثب و برابر ۴/۰۰۱ بوده که در سطح خطای آماری ۱ درصد معنی‌دار است. بر این اساس، اگر یک واحد به شاخص پیچیدگی اقتصادی اضافه شود در این مرحله از توسعه اقتصادی استان‌ها به مصرف سرانه انرژی فسیلی آن‌ها ۴ واحد اضافه خواهد شد. ضرایب برآورد شده دو متغیر نرخ شهرنشینی و قیمت نسبی سوخت در مدل (۳) مانند مدل (۲) است که نشان‌دهنده ثبات در نتایج به دست آمده با وجود برآورد دو مدل مختلف است. نتایج آزمون‌های آسیب‌شناسی برای عدم حضور خود همبستگی در جملات خطا و اعتبار متغیرهی ابزار مورد استفاده نشان می‌دهد بر اساس آماره آزمون m_1، فرضیه صفر عدم وجود خودهمبستگی مرتبه اول در جملات خطا در سطح خطای ۵ درصد رد می‌شود، اما خودهمبستگی مرتبه دوم در جملات خطا (بر اساس آزمون m_2) در سطوح خطای آماری مرسوم رد می‌شود. بر این اساس، مدل برآورد شده از مشکل خودهمبستگی مرتبه دوم رنج نمی‌برد. نتایج آزمون سارگان نشان می‌دهد اعتبار متغیرهای ابزاری مورد استفاده در سطوح مرسوم آماری رد نمی‌شود.

نتایج تخمین مدل (۲) با کمک تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی در جدول (۴) ارایه شده است. به منظور تخمین مدل از وقفه های مرتبه اول و دوم متغیرهای توضیحی به عنوان متغیرهای ابزاری استفاده شده است به طوری که ۴۴ متغیر ابزاری در این تحقیق استفاده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار عددی مشاهدات شاخص پیچیدگی اقتصادی بین اعداد منفی و مثبت نوسان می‌کند. بر این اساس نمی‌توان از توان دوم آن در مدل استفاده کرد. به منظور رفع این مشکل به تمامی مشاهدات شاخص پیچیدگی اقتصادی ۰/۰۷ واحد اضافه شد تا تمامی مقادیر این متغیر مثبت شوند و توان توان دوم آن را به مدل اضافه کرد. نتایج تخمین نشان می‌دهد ضرایب شاخص پیچیدگی اقتصادی و توان دوم آن مثبت به ترتیب برابر ۱/۱۱۴ و ۰/۱۴۸ و هر دو در سطح خطای

آماری ۱ درصد معنی‌دار هستند. این نتایج نشان می‌دهد فرضیه انرژی – منحنی کوزنتس زیست‌محیطی بین استان‌های کشور با کمک شاخص پیچیدگی اقتصادی رد می‌شود. نتایج بیانگر آن است، شاخص پیچیدگی اقتصادی محرک مصرف انرژی در استان‌های کشور است و افزایش درجه پیچیدگی اقتصادی انرژی‌بری رشته فعالیت‌های اقتصادی را افزایش می‌دهد.

جدول ۳. نتایج تخمین مدل (۳) با روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی

متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	ارزش احتمال
وقفه اول مصرف سرانه انرژی	۰/۳٦٦	۰/۰۱۷	۲۱/۵۱۰	۰/۰۰۰
GDP سرانه واقعی	۰/٦٦۹	۰/۳۰۲	۲/۲۱۰	۰/۰۲۷
توان دوم GDP سرانه واقعی	۰/۰۳٦ –	۰/۰۲۵	–۱/٤٤۰	۰/۱۵۰
شاخص پیچیدگی اقتصادی	٤/۰۰۱	۰/۳٤٤	۱۱/٦۳۰	۰/۰۰۰
نرخ شهر نشینی	۱/۲۵۳	۰/۲۷۷	٤/۵۲۰	۰/۰۰۰
قیمت نسبی سوخت	۰/۰٦۹ –	۰/۰۰٦	۱۰/۹۰۰ –	۰/۰۰۰
عرض از مبداء	۵/۷۷۵ –	۰/۹۳۸	–٦/۱٦۰	۰/۰۰۰
آزمون‌های آسیب‌شناسی				
	مقدار عددی آماره آزمون		ارزش احتمال	
آزمون خودهمبستگی مرتبه اول آرلانو–باند (m1)	–۲/۰۹۷		۰/۰۳٦	
آزمون خودهمبستگی مرتبه دوم آرلانو–باند (m2)	–۰/۲۲٤		۰/۸۲۲	
آماره سارگان	۲۳/٦۷۲		۰/۹۵٦	

– از وقفه‌های مرتبه اول و دوم متغیرهای توضیحی به عنوان متغیر ابزاری استفاده شده است.

– تمامی متغیرهای پژوهش بهجز شاخص پیچیدگی به صورت لگاریتمی وارد مدل شده‌اند.

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ٤. نتایج تخمین مدل (۲) با روش گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی

متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	ارزش احتمال
وقفه اول مصرف سرانه انرژی	۰/۳٤٤	۰/۰۱٦	۲۱/٦۹۰	۰/۰۰۰
شاخص پیچیدگی اقتصادی	۱/۱۱٤	۰/۰۸٦	۱۳/۰۱۰	۰/۰۰۰
توان دوم شاخص پیچیدگی اقتصادی	۰/۱٤۸	۰/۰۱٤	۱۰/۵۹۰	۰/۰۰۰
GDP سرانه واقعی	۰/۲۸۷	۰/۰۱٤	۲۰/۳۸۰	۰/۰۰۰
نرخ شهر نشینی	۱/۱۱۲	۰/۲۰۲	۵/۵۱۰	۰/۰۰۰
قیمت نسبی سوخت	-۰/۰٦۸	۰/۰۰۷	-۱۰/۰٤۰	۰/۰۰۰
عرض از مبداء	-۲/۱۸۹	۰/۸۱٤	-۲/٦۹۰	۰/۰۰۷
آزمون‌های آسیب‌شناسی				
	مقدار عددی آماره آزمون		ارزش احتمال	
آزمون خودهمبستگی مرتبه اول آرلانو-باند (m1)	-۲/٤۲۹		۰/۰۱۵	
آزمون خودهمبستگی مرتبه دوم آرلانو-باند (m2)	-۰/۰۳٦		۰/۹۷۱	
آماره سارگان	۲۳/۷۸۹		۰/۹۵٤	

– از وقفه‌های مرتبه اول و دوم متغیرهای توضیحی به عنوان متغیر ابزاری استفاده شده است.

– تمامی متغیرهای تحقیق به صورت لگاریتمی وارد مدل شده‌اند.

به تمامی مشاهدات متغیر شاخص پیچیدگی اقتصادی ۰/۰۷ واحد اضافه شده است تا بتوان توان دوم آن را به مدل اضافه کرد.

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج تحقیق، اگر شاخص پیچیدگی اقتصادی یک درصد رشد کند، مصرف سرانه انرژی فسیلی به میزان (1.114+0.296*ECI) افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می شود، تأثیر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی با افزایش مقدار عددی شاخص پیچیدگی اقتصادی بیشتر می‌شود. به عنوان مثال، اگر شاخص پیچیدگی اقتصادی استان (الف) برابر صفر و شاخص پیچیدگی اقتصادی استان (ب) برابر یک باشد، آنگاه تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در استان (ب) به میزان ۰۲۹۶ واحد بیشتر از استان (الف) است.

در نمودار (۱) ضریب نهایی برآورد شده شاخص پیچیدگی اقتصادی برای دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۷ رسم شده است. محور افقی نشان‌دهنده متوسط شاخص پیچیدگی استان‌ها

طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۷ و محور عمودی مقدار عددی ضریب برآورد شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و ضریب اثرگذاری روی مصرف انرژی فسیلی رابطه مستقیم وجود دارد. استان‌هایی مانند تهران، اصفهان و قم که درجه پیچیدگی بزرگ‌تری دارند، اثرگذاری این متغیر بر مصرف انرژی آن‌ها نیز بزرگ‌تر خواهد بود. بر اساس نتایج به دست آمده، هنوز درجه پیچیدگی اقتصاد ایران به میزان کافی افزایش نیافته است تا به کاهش مصرف انرژی فسیلی کمک کند. بر این اساس، فرضیه انرژی- کوزنتس زیست‌محیطی بین استان‌های ایران رد می‌شود.

ضریب GDP واقعی سرانه برابر ۰/۲۸۷ بوده که در سطح خطای آماری یک درصد معنی‌دار است. بر این اساس، اگر GDP واقعی سرانه یک درصد رشد کند با فرض ثبات سایر عوامل، مصرف سرانه انرژی فسیلی در استان‌های کشور به میزان ۰/۲۸۷ درصد رشد پیدا خواهد کرد. این نتایج نشان می‌دهد، رشد اقتصادی در استان‌های کشور عاملی در جهت افزایش مصرف انرژی است. به عبارت دیگر، در این مرحله از توسعه اقتصادی، رشد اقتصادی استان‌های کشور انرژی‌بر است.

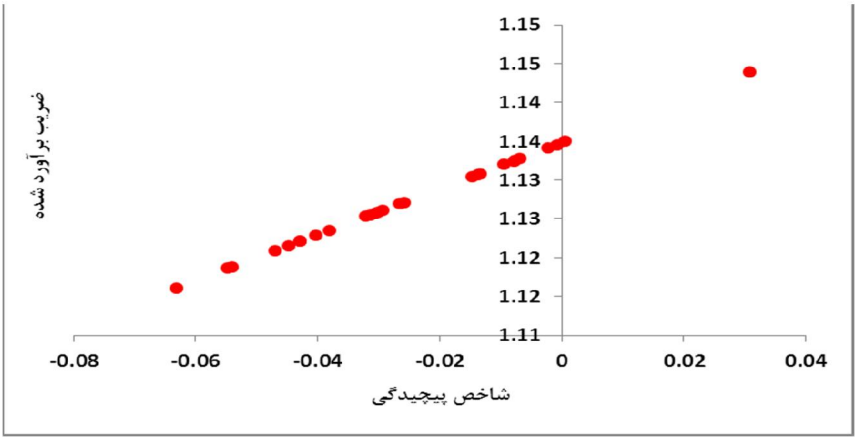
مقدار عددی ضریب نرخ شهرنشینی مثبت، برابر ۱/۱۱۲ و در سطح خطای یک درصد آماری معنی‌دار است. این نتایج نشان می‌دهد با فرض ثبات سایر عوامل، اگر نرخ شهرنشینی یک درصد رشد کند، مصرف سرانه انرژی ۱/۱۱ درصد افزایش خواهد یافت که حاکی از کشش‌پذیر بودن مصرف سرانه انرژی نسبت به نرخ شهرنشینی است. یافته-های تحقیق، فرضیه «گسترش شهرنشینی مستلزم افزایش تقاضای هرچه بیشتر محصولات انرژی‌بر است» را تایید می‌کند. این فرضیه پیش‌بینی می‌کند ساکنان شهری بیشتر به لوازم الکتریکی (مانند تهویه مطبوع) و حمل و نقل مدرن (خودرو) وابسته هستند که این امر منجر به افزایش مصرف انرژی در ازای هر فرد در مقایسه با کسانی که در مناطق روستایی زندگی می‌کنند، می‌شود. افزون بر این، افزایش شهرنشینی موجب افزایش تولید ناخالص داخلی و در نتیجه افزایش مصرف انرژی فسیلی می‌شود.

ضریب قیمت نسبی سوخت منفی برابر ۰/۰۶۸ و در سطح خطای آماری ۱ درصد معنی‌دار است. این یافته نشان می‌دهد، مصرف سرانه انرژی فسیلی نسبت به تغییرات

قیمت نسبی سوخت کشش‌پذیر نیست؛ به طوری که اگر قیمت نسبی سوخت ۱۰ درصد افزایش یابد، مصرف سرانه انرژی فسیلی تنها ۰/۶۸ درصد (با فرض ثبات سایر عوامل) کاهش خواهد یافت. بر اساس این یافته‌ها، سیاست هدفمندسازی مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی از طریق سیاست‌های قیمتی نمی‌تواند به کاهش مصرف انرژی کمک قابل توجهی کند.

نتایج آزمون‌های آسیب‌شناسی برای عدم حضور خود همبستگی در جملات خطا و اعتبار متغیرهای ابزار مورد استفاده نشان می‌دهد بر اساس آماره آزمون m_1، فرضیه صفر عدم وجود خودهمبستگی مرتبه اول در جملات خطا در سطح خطای ۵ درصد رد می‌شود، اما خودهمبستگی مرتبه دوم در جملات خطا (بر اساس آزمون m_2) در سطوح خطای آماری مرسوم رد می‌شود. بر این اساس، مدل برآورد شده از مشکل خودهمبستگی مرتبه دوم رنج نمی‌برد. نتایج آزمون سارگان نشان می‌دهد، اعتبار متغیرهای ابزاری مورد استفاده در سطوح مرسوم آماری رد نمی‌شود.

نمودار ۱. ضریب اثرگذاری شاخص پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی فسیلی



منبع: یافته‌های پژوهش

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تحولات ساختار اقتصادی و تولیدی کشورها که در فرآیند توسعه اقتصادی اتفاق می‌افتد بر مصرف انرژی تأثیر قابل توجهی دارد؛ به طوری که در ابتدای فرآیند صنعتی شدن، توسعه اقتصادی ممکن است با جذب و توسعه تکنولوژی‌هایی همراه باشد که انرژی‌بر هستند و مصرف انرژی را در ساختار تولیدی افزایش می‌دهند، اما با تداوم فرآیند توسعه اقتصادی، امکان جذب تکنولوژی‌های پاک فراهم می‌شود که کمک شایانی به کاهش محتوای انرژی محصولات تولیدی می‌کند. در این تحقیق سعی شده است تأثیر پیچیدگی اقتصادی به عنوان یکی از متغیرهای بیان‌کننده تحولات ساختاری در هر اقتصاد بر مصرف سرانه انرژی فسیلی در استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۷ با کمک تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم یافته سیستمی بررسی شود.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد، در این مرحله از فرآیند توسعه اقتصادی در ایران، افزایش درجه پیچیدگی اقتصادی استان‌ها عاملی در جهت افزایش مصرف سرانه انرژی فسیلی است. یکی از دلایل مهم این امر را می‌توان در ساختار تولیدی کشور دانست. مزیت‌های اصلی تولیدی و صادراتی ایران مربوط به رشته فعالیت‌های انرژی‌بر مانند نفت و گاز، محصولات پتروشیمی، آهن و فولاد است و توسعه اقتصادی کشور در محصولات بالادستی و یا میان‌دستی این رشته فعالیت‌ها است. به همین دلیل با نفوذ در محصولات پایین‌دستی این رشته فعالیت‌ها که نسبت به محصولات بالادستی آن‌ها پیچیده‌تر هستند؛ درجه پیچیدگی اقتصادی استان‌ها افزایش می‌یابد، اما کمکی در جهت کاهش مصرف انرژی نخواهد بود. کاهش انرژی‌بری منوط به جذب تکنولوژی‌های پیشرفته و پاک اشت که یا از طریق واردات و جذب در اقتصاد داخلی امکان‌پذیر هستند و یا اینکه با تقویت موسسات تحقیق و توسعه امکان کشف آن‌ها فراهم می‌شود. در هر دو شکل لازم است، دولت از دو جهت در بازار دخالت کند؛ نخست، با وضع قوانین به‌کارگیری تکنولوژی‌های انرژی‌بر و آلاینده را محدود کند. لازم است، دولت با وضع قوانین سخت، تولیدکنندگان داخلی و به خصوص تولیدکنندگان محصولات کلاسیک کشور در بخش‌های پتروشیمی، آهن و فولاد و صنایع پایین‌دستی آن‌ها را ملزم به استفاده از تکنولوژی‌های پاک و انرژی‌های تجدیدپذیر در فرآیند طراحی و تولید محصولات کند.

در این خصوص کن و گوزگور[1] (۲۰۱۷) توصیه می‌کنند که سطح مصرف انرژی فسیلی و مقیاس تولید گازهای آلاینده در هر صنعت به طور مشخص برآورد شود و بر اساس آن دولت‌ها قوانین خاص هر صنعت را وضع کنند. دوم؛ به واسطه سیاست‌های مربوط به تسهیل تجارت، هزینه واردات تکنولوژی‌های جدید را کاهش دهد و یا با تامین مالی موسسات تحقیق و توسعه، هزینه کشف تکنولوژهای جدید را کاهش دهد.

نتیجه مهم دیگر تحقیق که در راستای یافته‌های مقالات قبلی مانند قادری و همکاران (۲۰۰۶)، آذربایجانی و همکاران (۱۳۸۷)، صدرزاده مقدم و همکاران (۱۳۹۲) و عزیزی (۱۳۹۷) است، کشش‌ناپذیر بودن مصرف سرانه انرژی فسیلی نسبت به قیمت نسبی انرژی است که نشان می‌دهد، سیاست‌های قیمتی در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی موفق نخواهند بود و باید بر سیاست‌های تغییر ساختار مصرف تأکید شود.

نتیجه آخر اینکه تسریع شهرنشینی محرک مصرف انرژی در استان‌های کشور است. با توجه به تأثیر قابل توجه شهرنشینی بر مصرف انرژی، لازم است تولیدکنندگان داخلی و همچنین واردکنندگان لوازم خانگی در جهت عرضه وسایل سرمایشی و گرمایشی که کارایی بالایی در مصرف انرژی دارند، اهتمام ورزند تا از این طریق مصرف انرژی در بخش خانگی کاهش یابد.

بر اساس نتایج تحقیق، افزایش کارایی انرژی در بخش خانگی، تأثیر قابل توجهی بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی خواهد داشت.

موضوع مهمی که تاکنون در سطح استان‌های کشور بررسی نشده است، تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای است که توصیه می‌شود مطالعات آتی به این مهم بپردازند. همچنین مطالعات آتی می‌توانند، تأثیر پیچیدگی اقتصادی را بر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف بررسی کنند.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

.1 Can, M., & Gozgor, G.

منابع

آذربایجانی، کریم، شریفی، رلیمراد و شجاری، عبدالناصر. (۱۳۸۷). تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت، *مجله توسعه و سرمایه*، ۱(۱)، ۴۷-۷۰.

بابازاده محمد، قدیمی دیزج، خلیل، رضایی‌بختیار، علیرضا (۱۳۸۶). آزادسازی تجاری و رشد اقتصادی در ایران. *پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی*، ۲۶(۱)، ۱۳-۴۴.

دل انگیزان سهراب، رضایی، الهام، بهاری‌پور، سحر. (۱۳۹۵). تاثیر ساختار صنعتی بر شدت مصرف انرژی در صنایع کارخانه ای ایران، *مجله پژوهش های سیاست‌گذاری و برنامه ریزی انرژی*، ۳(۲)، ۱۳۳-۱۶۸

سعیدی، رضا، نصابیان، شهریار، مقدسی، رضا و دامنکشیده، مرجان. (۱۴۰۱). محاسبه و تحلیل شاخص پیچیدگی اقتصادی در استان‌های ایران. *فصلنامه سیاستهای مالی و اقتصادی*، ۱۰(۳۸)، ۸۱-۱۰۰.

صادقی، زین العابدین، عباسی، فاطمه، ایرانی کرمانی، فاطمه. (۱۳۹۳) بررسی اثرات واقعی کردن قیمت حامل های انرژی‌بر جانشینی درون عاملی و درون سوختی در ایران. *فصلنامه برنامه ریزی و بودجه*، ۴(۹)، ۸۵-۶۵.

صدرزاده مقدم، سعید، صادقی، زین‌العابدین، قدس الهی، احمد. (۱۳۹۲). تخمین تابع تقاضای انرژی و کشش قیمتی و جانشینی نهاده‌ها در بخش صنعت: رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط. *فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲)، ۱۰۷-۱۲۷.

عاشوری، مریم، پارسا، حجت، حیدری، ابراهیم. (۱۳۹۸). عوامل مؤثر بر شدت انرژی در استان های ایران: رویکرد میانگین گیری بیزی. *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، ۵ (۱۴)، ۲۹-۶۳.

عزیزی زهرا. (۱۳۹۸الف). بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش صنعت. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۴ (۱)، ۳-۲۴.

عزیزی، زهرا (۱۳۹۸ب). اثر استان‌های پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در ایران با استفاده از یک الگوی رگرسیون انتقال ملایم. *فصلنامه علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران*، ۳۲ (۸)، ۱۰۳-۱۲۷.

عزیزی، زهرا. (۱۳۹۷). پویایی های نامتقارن تقاضای انرژی در ایران: با توجه به دوران رونق و رکود اقتصادی. *فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲۸(۷)، ۱۰۵-۱۳۲.

قاسمی، عبدالرسول و محمدخان‌پور اردبیل، رقیه. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر فناوری اطلاعات وارتباطات بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل و نقل. *فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۴(۱۳)، ۱۶۹-۱۹۰.

متوسلی، محمود، مزرعتی، محمد (۱۳۸۷). پیش‌بینی و تحلیل سیاستی از تقاضای حامل‌های انرژی در ایران (مدل‌هایVAR، BVAR و پیشنهاد مدل SBVAR). *فصلنامه برنامه و بودجه*، ۷(۸)، ۲۹-۷۶.

محمودزاده، محمود، صادقی، سمیه، صادقی، ثریا، حمیدی افرا، فاطمه. (۱۳۹۰). اثر حذف یارانه انرژی‌برق بر شدت انرژی آن. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۱۶(۴)، ۱۱۳-۱۲۷

ممی‌پور، سیاب، کرمی، سمیه. (۱۳۹۸). عوامل مؤثر بر شدت انرژی در استان‌های کشور با تأکید بر پیوندهای فضایی. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۷(۱)، ۱۳۸-۱۶۲.

ناجی میدانی، علی‌اکبر، مهدوی عادلی، محمدحسین، عربشاهی دلویی، مهدیه. (۱۳۹۴). بررسی رابطه بین صنعتی شدن و کارایی انرژی بخش صنعت در ایران. *فصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۱۳(۷)، ۲۷-۵۶.

References

Akram V., Jangam B. P., Rath B. N. (2019). Does human capital matter for reduction in energy consumption in India? *International Journal of Energy Sector Management*. 13(2), 359–376

Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, 58(2), 277-297.

Ashoori, M, Parsa, H, Heydari, I. (2018). Factors affecting energy intensity in Iranian provinces: Bayesian averaging approach. *Quarterly Journal of Energy Planning and Policymaking Research*, 5 (14), 29-63. [In Persian]

Azam, M., Khan, A. Q., Zafeiriou, E., & Arabatzis, G. (2016). Socio-economic determinants of energy consumption: An empirical survey for Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57(1), 1556-1567.

Azarbaijani, K, Sharifi, R & Shajari, A. (2008). Estimation of natural gas demand function in the industrial sector. *Journal of Development and Capital,* 1(1), 47-70. [In Persian]

Azizi, Z. (2017). Asymmetric dynamics of energy demand in Iran: according to economic boom and recession. *Iranian Energy Economics Quarterly*, 28(7), 105-132. [In Persian]

Azizi, Z. (2018A). Investigating the effect of economic complexity on energy consumption in industry. *Planning and Budget Quarterly*, 24 (1), 2-24. [In Persian]

Azizi, Z. (2018b). The effect of provinces of economic complexity on energy consumption in Iran using a mild transition regression model. *Scientific Quarterly of Applied Economic Studies of Iran*, 32 (8), 103-127. [In Persian]

Babazadeh, M, Ghadimi Dizaj, k & Rezaei Bakhtiar, A. (2007). Trade liberalization and economic growth in Iran. *Journal of Humanities and Social* Sciences, 26 (1), 44-13. [In Persian]

Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143.

Bound, J., Jaeger, D. A., & Baker, R. M. (1995). Problems with instrumental variables estimation when the correlation between the instruments and the endogenous explanatory variable is weak. *Journal of the American statistical association*, 90(430), 443-450.

Can, M., & Ahmed, Z. (2023). Towards sustainable development in the European Union countries: Does economic complexity affect renewable and non-renewable energy consumption?. *Sustainable Development*, 31(1), 439-451.

Can, M., & Gozgor, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: evidence from France. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(19), 16364-16370.

Can, M., Brusselaers, J., & Mercan, M. (2022). The effect of export composition on energy demand: A fresh evidence in the context of economic complexity. *Review of Development Economics*, 26(2), 687-703.

Caselli, F., G. Esquivel and F. Lefort, (1996), Reopening the convergence debate: A new look at cross-country growth empirics, *Journal of Economic Growth*, 1(1), 363-389

De Vita, G., Li, C., & Luo, Y. (2021). The inward FDI-Energy intensity nexus in OECD countries: A sectoral R&D threshold analysis. *Journal of Environmental Management*, 287, 112290.

Delangizan, S, Rezaei, E, Baharipour, S. (2015). The effect of industrial structure on the intensity of energy consumption in Iran's factories, *Journal of Energy Planning and Policymaking Research*, 3(2), 133-168. [In Persian]

Fang, J., Gozgor, G., Mahalik, M. K., Padhan, H., & Xu, R. (2021). The impact of economic complexity on energy demand in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (1), 33771–33780.

Ghasemi, A, & Mohammad Khanpour Ardabil, R. (2013). Investigating the impact of information and communication technology on the intensity of energy consumption in the transportation sector. *Iranian Energy Economics Quarterly*, 4(13), 169-190. [In Persian]

Hashempour, N., Taherkhani, R., & Mahdikhani, M. (2020). Energy performance optimization of existing buildings: A literature review. *Sustainable Cities and Society*, 54(1), 101-967.

Hausmann, R., & Hidalgo, C. A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*, 16(4), 309-342.

Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of economic growt*h, 12(1), 1-25.

Hidalgo, C.A., Klinger, B., Barabasi, A.L., Hausmann, R., 2007. The product space conditions the development of nations. *Science*. 317 (5837), 482-487

Holtedahl, P., & Joutz, F. L. (2004). Residential electricity demand in Taiwan. *Energy economics*, 26(2), 201-224.

Li, Z., Shao, S., Shi, X., Sun, Y., & Zhang, X. (2019). Structural transformation of manufacturing, natural resource dependence, and carbon emissions reduction: Evidence of a threshold effect from China. *Journal of cleaner production,* 206(1), 920-927.

Lin, B., & Du, K. (2015). Energy and CO2 emissions performance in China's regional economies: do market-oriented reforms matter?. Energy Policy, 78(2), 113-124.

Liu, H., Liang, S., & Cui, Q. (2021). The nexus between economic complexity and energy consumption under the context of sustainable environment: evidence from the LMC Countries. *International journal of environmental research and public healt*h, 18(1), 1-24.

Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. Journal of cleaner production, 172(2), 178-186.

Ma, H., Oxley, L., & Gibson, J. (2009). Substitution Possibilities and Determinants of Energy Intensity for China. *Energy Policy*, 37(5), 1793-1804.

Mahmoudzadeh, M, Sadeghi, S, Sadeghi, S, Hamidi Afra, F. (2011). The effect of removing the electricity subsidy on its energy intensity. *Planning and Budget Quarterly*, 16(4), 113-127. [In Persian]

Mamipour, S & Karmi, S. (2018). Factors affecting energy intensity in the country's provinces with an emphasis on spatial links. *Strategic and Macro Policy Quarterly* 7(1), 138-162. [In Persian]

Motavasseli, M and Mazraati, M. (2008). Forecasting and policy analysis of demand for energy carriers in Iran (VAR, BVAR models and proposed SBVAR model). *Journal of Program and Budget*, 7(8), 29-76. [In Persian]

Naji, Meydani, A, Mahdavi Adeli, M, Arabshahi Deloei, Ma. (2014). Investigating the relationship between industrialization and the energy efficiency of industry in Iran. *Economic Policy Quarterly*, 13(7), 56-27. [In Persian]

Nepal, R., Paija, N., Tyagi, B., & Harvie, C. (2021). Energy security, economic growth and environmental sustainability in India: Does FDI and trade openness play a role?. *Journal of Environmental Management*, 281, 111886.

Pablo-Romero, M. D. P., & De Jesús, J. (2016). Economic growth and energy consumption: The energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60 (1), 1343-1350.

Piñeiro Chousa, J., Tamazian, A., & Chaitanya V, K. (2008). Rapid Economic Growth at the Cost of Environment Degradation?-Panel Data Evidence from BRIC Economies. William Davidson Institution.

Sadeghi, Z, Abbasi, F, & Irani Kermani, F. (2013) Investigating the effects of realizing the price of energy carriers of intra-factor and intra-fuel substitution in Iran. *Planning and Budgeting Quarterly*, 4(9), 65-85. [In Persian]

Sadrzadeh Moghadam, S, Sadeghi, Z, Qods Elahi, A. (2012). Estimation of energy demand function and price elasticity and substitution of inputs in the industrial sector: Regression of seemingly unrelated equations. *Iranian Energy Economics Quarterly*, 6(2), 107-127. [In Persian]

Saeedi, Reza, Nessabian, S, Moghdisi, R and DamanKeshideh, M. (2022). Calculation and analysis of the economic complexity index in the provinces of Iran. *Financial and Economic Policy Quarterly*, 10(38), 81-100. [In Persian]

Shahbaz, M., Gozgor, G., & Hammoudeh, S. (2019). Human capital and export diversification as new determinants of energy demand in the United States. *Energy Economics*, 78(1), 335-349.

Waheed, R., Sarwar, S., & Wei, C. (2019). The survey of economic growth, energy consumption and carbon emission. *Energy Reports*, 5(3), 1103-1115.

Wang, S., Li, G., & Fang, C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. *Renewable and sustainable energy reviews*, 81(1), 2144-2159.

Wang, Z., Ahmed, Z., Zhang, B., & Wang, B. (2019). The nexus between urbanization, road infrastructure, and transport energy demand: empirical evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(34), 34884-34895.

استناد به این مقاله: سعیدی، رضا، نصابیان، شهریار، مقدسی، رضا، دامنکشیده، مرجان. (۱۴۰۱). پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی فسیلی: تحلیل تجربی بر پایه داده‌های استان‌های ایران، *پژوهشنامه اقتصادی*، ۸۵ (۲۲)، ۱۵۵-۱۸۸.

Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.