فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال پنجم/ شماره ۱۴/ بهار ۱۳۹۸/ صفحات ۶۳-۲۹

عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران: رویکرد میانگین‌گیری بیزی

مریم عاشوری
کارشناس ارشد رشته اقتصاد انرژی دانشگاه خلیج فارس
ashouri.maryam.69@gmail.com
حجت پارسا
استادیارگروه اقتصاد دانشگاه خلیج فارس (نویسنده مسئول)
hparsa@pgu.ac.ir
ابراهیم حیدری
دانشیارگروه اقتصاد دانشگاه خلیج فارس
eheidari@pgu.ac.ir

شناسایی مهم‌ترین عوامل موثر بر شدت انرژی با هدف کنترل و مدیریت مصرف انرژی موضوعی بااهمیت است. در مطالعات تجربی انجام‌شده پیرامون عوامل موثر بر شدت انرژی، تفاوت‌های قابل توجهی در یافته‌ها مشاهده می‌شود که شرایط عدم اطمینان نسبت به مدل را باعث می‌شوند. یکی از تکنیک‌های متناسب با شرایط عدم اطمینان مدل، تکنیک میانگین‌گیری بیزی می‌باشد. هدف مطالعه حاضر، شناسایی عوامل نیرومند و شکننده موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ مبتنی بر رویکرد میانگین‌گیری بیزی است. متغیرهای مورد مطالعه از میان عوامل مختلف اقتصادی، جمعیت‌شناختی، صنعتی، تجاری، حمل‌ونقل، بخش انرژی، عوامل مربوط به اقتصاد دانش‌بنیان و نیز عوامل آب‌وهوایی انتخاب شده‌اند. با برآورد بیش از ۸ میلیون رگرسیون و میانگین‌گیری بیزی از ضرایب، از میان ۲۴ متغیر مورد بررسی، ۹ متغیر: 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 به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران شناسایی شدند. همچنین مشخص شد که متغیرهای درآمد سرانه، سهم بخش خدمات از تولید، سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، قیمت انرژی و تعداد ماه‌های گرم سال بر شدت انرژی اثر منفی دارند اما سایر متغیرهای نیرومند، شدت انرژی را افزایش می‌دهند. نتایج این تحقیق می‌تواند از منظر سیاستگذاری مورد استفاده برنامه‌ریزان حوزه انرژی قرار گیرد.

واژگان کلیدی: شدت انرژی، عدم‌اطمینان، میانگین‌گیری بیزی، عوامل نیرومند، عوامل شکننده.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰

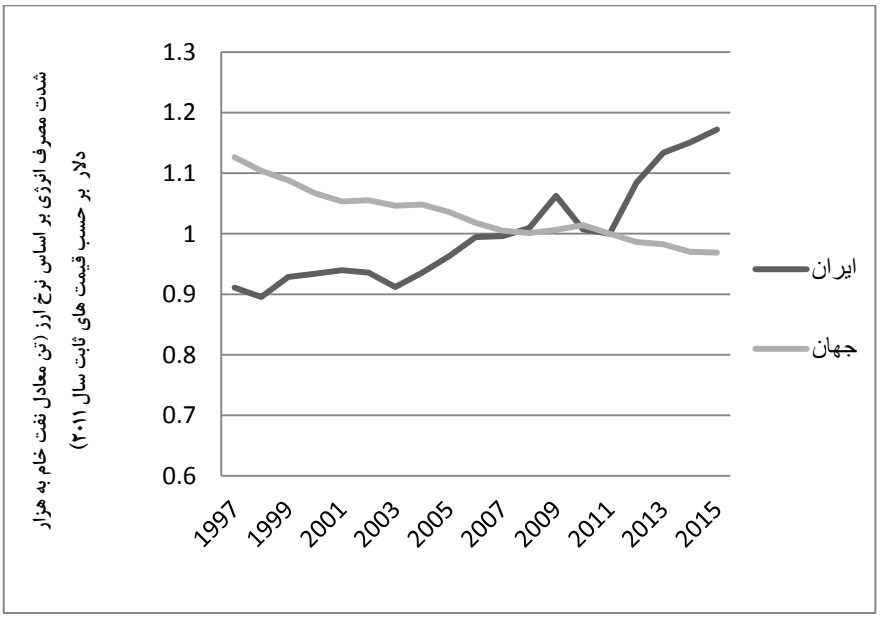
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

۱. مقدمه

منابع انرژی با توجه به ارتباط خود با تمامی انواع فعالیت‌های انسانی، نقش ویژه‌ای را در توسعه بشر ایفا می‌کنند. امروزه انرژی یک کالای ضروری قلمداد می‌شود، چرا که زندگی بدون آن غیر قابل تصور است. در دهه ۱۹۵۰، این گونه القا شده بود که انرژی هسته‌ای، عصر جدیدی را رقم خواهد زد و انرژی دیگر یک منبع کمیاب نخواهد بود و لذا نرخ و قیمت دسترسی به آن نیز بسیار نازل خواهد شد. اما این پیش‌بینی‌ها هرگز به وقوع نپیوست و هنوز هم انرژی به عنوان یک منبع طبیعی محدود و بعضا نادر بوده که قیمت‌های آن در حال افزایش است (مهدوی عادلی و صالح نیا، ۱۳۹۱). بنابراین انرژی، این نهاده مهم تولید که به عنوان یکی از مقدمات توسعه اقتصادی مطرح است از یک طرف با محدودیت روبروست (منابع نفتی محدود است و دسترسی به انرژی‌های نو نیز هزینه‌بر بوده و به فناوری بالا نیاز دارد) و از طرفی دیگر، مصرف بی رویه آن، منجر به پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی و حتی غیراقتصادی می‌شود. گزارش سازمان حفاظت از محیط زیست نشان می‌دهد که متوسط میزان انتشار دی‌اکسید کربن جهان به ازای هر واحد درآمد بر حسب دلار در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۴۲، ۰/۳۹، ۰/۳۷ و ۰/۳۵ کیلوگرم بوده است، در حالی که این رقم برای ایران در سال‌های مذکور به ترتیب در سطح ۰/۵، ۰/۵۱، ۰/۴۷، ۰/۵ و ۰/۴۹ کیلوگرم بوده است. همچنین یافته‌های مطالعه سازمان جهانی محیط‌زیست حاکی از آن است که منشا ۹۰ درصد از آلودگی دی‌اکسید کربن در ایران، انرژی است. بنابراین باید تمهیدات ویژه‌ای جهت استفاده بهینه از منابع انرژی اندیشیده شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

یکی از مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت پایش مصرف انرژی، شاخص «شدت انـرژی» اسـت که نشان می‌دهد برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات، چه مقدار انرژی به کار رفته اسـت. در حال حاضر معیار شدت انرژی از جمله شـاخص‌هـای اسـتراتژیک در کشـورهای توسـعه‌یافتـه است (بومان[1]، ۲۰۰۸). در اقتصاد ایران نیز با توجه به رونـد صـعودی انـرژی‌بـری تولیـد ناخـالص داخلـی، اکنـون افـزایش بهـره‌وری انـرژی و کـاهش شـدت انـرژی بـیش از پـیش مـورد توجـه سیاست‌گذاران کشور قرار گرفته است. نمودار (۱) به مقایسه شـاخص شـدت انـرژی در ایـران و جهان پرداخته است که نشان‌دهنده اتلاف شدید انرژی در این کشور است.



نمودار ۱. روند شدت مصرف نهایی انرژی در ایران و جهان، مأخذ: وزارت نیرو (۱۳۹۴)

1. Baumann

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

اولین قدم در جهت کنترل روند افزایش شدت انرژی، شناسایی عوامل موثر بر تغییرات آن است. این شاخص تحت تاثیر عوامل گوناگون اقتصادی، صنعتی، تجاری، جمعیتی، حمل‌ونقل و ... است که از دیرباز مورد توجه محققان و سیاست‌گذاران قرار گرفته ولی علیرغم مطالعات فراوان، هنوز هم نسبت به آن اختلاف وجود دارد. در واقع گستردگی متغیرهای توضیحی موثر بر شدت انرژی و محدودیت روش‌های متعارف اقتصادسنجی جهت ارزیابی اثر تمامی این متغیرها به‌طور یک‌جا (به دلیل کاهش درجه آزادی و نااطمینانی ضرایب) باعث شده است که هر محقق با توجه به هدف و دیدگاه خویش، تعدادی از متغیرهای اثرگذار بر شدت انرژی را در مدل قرار دهد، بدون این که عدم‌اطمینان خود را در این باب به حساب آورد و از خود بپرسد که چرا از میان تمامی مدل‌های ممکن به یکی از مدل‌ها احتمال یک را نسبت داده است. مشکل رویکرد بیان‌شده نیز این است که اثر هر متغیر بر شدت انرژی بستگی به ترکیب سایر متغیرهای وارد شده در مدل دارد و عدم توجه به این مسأله می‌تواند منجر به تورش و عدم کارایی در برآورد پارامترها و در نتیجه، پیش‌بینی‌های نامناسب و استنتاج آماری نادرست گردد (دراپر[1]، ۱۹۹۵). تاکنون متخصصان اقتصادسنجی تلاش زیادی در جهت حل این مشکل نموده‌اند. یکی از راه‌حل‌های ارائه شده توسط آن‌ها، انجام آزمون‌های متوالی به منظور حذف متغیرهای زائد و یا اضافه کردن متغیرهای حذف‌شده به مدل و آزمون فرضیه در خصوص معنی‌داری آن‌هاست. اما روش‌های مذکور به دلیل عدم اعتبار آزمون فرضیه در تصریحات نادرست و خطاهای تجمعی و متوالی، نتایج رضایت‌بخشی به دست نمی‌هد. اگر بتوان از این خطاها چشم‌پوشی کرد، باز هم پذیرفتن یک مدل و عدم توجه به مدل‌های دیگر مطلوب نیست؛ زیرا هر مدل اطلاعات مفیدی را ارائه می‌کند. این پژوهش قصد دارد در قالب تکنیک میانگین‌گیری بیزی (BMA[2]) که با ایجاد امکان بررسی اثر طیف وسیعی از متغیرها به طور یکجا

1. Draper
2. Bayesian Model averaging

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

بر روی یک متغیر وابسته، یکی از روش‌های مناسب برخورد با نااطمینانی نسبت به مدل یا به عبارت دیگر یکی از روش های غلبه بر اطمینان بیش از حد به یک مدل است، به شناسایی مهم‌ترین عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران بپردازد. در روش میانگین گیری بیزی به این سوال پاسخ داده می‌شود که اگر همه متغیرهایی که بر اساس نظریات مختلف بر شدت انرژی اثرگذارند در کنار هم در نظر گرفته شوند، کدام متغیرها اثر خود را حفظ می‌کنند (متغیرهای نیرومند[1]) و کدام متغیرها در حضور یا عدم حضور سایر متغیرها اثر خود را از دست خواهند داد (متغیرهای شکننده[2]). بنابراین این مقاله ابتدا با استفاده از روش میانگین گیری بیزی به شناسایی عوامل نیرومند و شکننده موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۴ و رتبه‌بندی این عوامل می‌پردازد، سپس مدل‌های بهینه مشتمل بر بهترین زیرمجموعه از متغیرهای نیرومند بر اساس معیارهای اطلاعاتی ارائه خواهند شد. مقاله حاضر در شش بخش تنظیم شده است. بخش دوم و سوم مقاله، به پیشینه پژوهش و تبیین مبانی نظری تحقیق اختصاص دارد. در بخش چهارم روش‌شناسی ارائه می‌شود. پخش پنجم نیز به تحلیل داده‌ها و تخمین مدل و سرانجام بخش ششم به جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و ارائه راهکارهای سیاستی خواهد پرداخت.

۲. پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات زیادی به بررسی شدت انرژی و عوامل اثرگذار بر آن انجام شده است که از اقتصادسنجی کلاسیک استفاده کرده‌اند. در این قسمت به طور اجمالی به مرور برخی از این کارهای تجربی پرداخته می‌شود.

کومار[3] (۲۰۰۳) با مطالعه بر روی ۵۰۰۰ بنگاه صنعتی هند، با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه نشان داده است که عواملی چون اندازه بنگاه، مخارج تحقیق و توسعه و مالکیت بخش

1. Robust Variables
2. FragilityVariables
3. Kumar

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

خصوصی، اثر منفی بر شدت انرژی دارند و تاثیر عواملی چون شدت سرمایه فیزیکی بر شدت انرژی را مثبت ارزیابی کرده است. مطالعه مشابهی توسط پاپادوگنز و مایلوناکس[1] (۲۰۰۷) با استفاده از داده‌های مربوط به ۴۰۰۰ بنگاه صنعتی کشور یونان با استفاده از روش پانل‌دیتا انجام شد و در آن شدت انرژی متاثر از متغیرهای شدت سرمایه فیزیکی با تاثیر مثبت و تکنولوژی و اندازه بنگاه با تاثیر منفی ارزیابی شد. در مطالعه ایروان و همکاران[2] (۲۰۱۰) بر روی کارخانه‌های اندونزی نیز متغیر اندازه بنگاه با اثر منفی بر شدت انرژی شناسایی شد.

کول[3] (۲۰۰۶) در یک مطالعه بین کشوری، با استفاده از روش پانل‌دیتا به این نتیجه رسیده است که تجارت خارجی، درآمد سرانه و سرمایه سرانه نیروی‌کار، اثر مثبت بر شدت انرژی دارند. هنگ وتو[4] (۲۰۰۷) در کشور چین نیز به نتایج مشابهی رسیده‌اند. اما لیو و هان[5] (۲۰۰۸) با استفاده از داده‌های پانل برای ۲۵ بنگاه تولیدی چین تاثیر سرمایه سرانه نیروی‌کار و نسبت تجارت خارجی به GDP[6] را بر شدت انرژی منفی و تاثیر قیمت را بر شدت انرژی مثبت یافتند.

یوخیانگ و چن[7] (۲۰۱۰) با استفاده از داده‌های استانی کشور چین و با به‌کارگیری مدل داده‌های پانلی، مخارج دولت را متغیری معنادار با اثر مثبت بر شدت انرژی ارزیابی کردند.

سادورسکی[8] (۲۰۱۲) با مطالعه بر روی اقتصادهای نوظهور، ICT[9] (که به وسیله کاربران اینترنت، مشترکان تلفن‌های همراه و تعداد کامپیوترهای شخصی اندازه گرفته شده‌اند) را موثر بر مصرف برق شناسایی کرد و دریافت که اثرات ICT، از اثرات درآمد سرانه بر تقاضای برق بزرگتر است.

1. Papadogonas & Mylonakis
2. Irwan et al
3. Cole
4. Hang & Tu
5. Liu & Han
6 .Gross Domestic Product
7. Yuxiang & chen
8. Sadorsky
9. Information and Communication Technologies

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

ادم[1] (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای برای نیجریه شدت انرژی را تابعی از متغیرهای قیمت انرژی، سرمایه‌گذاری خارجی، سهم بخش صنعت و شاخص باز بودن تجاری در نظر گرفت.

مرابت و همکاران[2] (۲۰۱۹) در یک مطالعه بین‌کشوری با تکنیک میانگین گروهی تعمیم‌یافته (AMG[3])، درآمد، قیمت نفت و شهرنشینی را عوامل تاثیرگذار بر تقاضای انرژی ارزیابی کردند اما در این پژوهش شهرنشینی به عنوان موثرترین متغیر شناسایی شد.

در ایران نیز نتایج مطالعات همچون یافته‌های مطالعات خارجی متفاوت است. سیف (۱۳۸۷) در یک مطالعه بین‌کشوری با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، شدت انرژی را تابعی از مساحت کشور، شاخص توسعه انسانی، درآمد سرانه، درصد جمعیت استفاده‌کننده از اینترنت و سهم بخش خدمات از تولید در نظر گرفت. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر معکوس تغییرات ساختاری و اثر مثبت سایر متغیرها بر شدت انرژی بوده است.

اقبالی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تاثیر متغیرهای قیمت انرژی، درآمد، نرخ ارز، میزان انتشار دی‌اکسید کربن، جمعیت، مساحت سرزمین و بهره‌وری در شماری از کشورهای نفتی و غیر نفتی با استفاده از مدل پانل دیتا پرداختند و نتیجه گرفتند در هر دو گروه مورد بررسی، جمعیت و مساحت سرزمین بر شدت انرژی اثر مثبت و درآمد بر شدت انرژی اثر منفی دارد.

سلیمی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) در چارچوب یک تابع تولید کاب- داگلاس نشان دادند که تکنولوژی، سرمایه فیزیکی و نیروی‌کار توانسته‌اند درصد کمی از رشد شدت انرژی در ایران را توضیح دهند اما بخش عمده‌ای از این رشد، معلول عوامل دیگری بوده است. نتایج مطالعه حقیقت و همکاران (۱۳۹۳) بر روی استان‌های ایران با استفاده از دو روش اقتصادسنجی فضایی و مرزی تصادفی نشان داد که درآمد سرانه، نیاز به سرمایش و جمعیت تاثیری زیاد و مثبت اما قیمت، نیاز به

1. Adom
2. Mrabetet al
3. Augmented Mean Groups

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

گرمایش و بعد خانوار تاثیری منفی بر مصرف انرژی بخش خانگی دارند. محمدی (۱۳۹۵) نیز در مطالعه‌ای بر روی استان‌های ایران و با استفاده از روش پانل دیتا نشان داد که نرخ شهرنشینی، قیمت انرژی، درآمد سرانه، سرمایه‌گذاری و تعداد ماه‌های گرم سال بر شدت انرژی اثر منفی دارند و متغیرهای رشد جمعیت و تعداد ماه‌های سرد سال شدت انرژی را افزایش می‌دهند.

از مطالعات داخلی که بر روی شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از روش پانل‌دیتا پرداخته‌اند می‌توان به مطالعات صادقی و سجودی (۱۳۹۰) و دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۵) اشاره کرد. صادقی و سجودی (۱۳۹۰) نشان دادند که مالکیت خصوصی اثر منفی اما اندازه بنگاه و سرمایه اثر مثبت بر شدت انرژی این صنایع دارند. مطالعه دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۵) نیز حاکی از اثر مثبت هزینه تحقیق و توسعه و قیمت، اثر منفی سرمایه، نیروی‌کار و مالکیت خصوصی و اثر بی‌معنی باز بودن تجاری بر شدت انرژی این صنایع کارخانه‌ای است. مطالعه مشابهی توسط عبدلی و ایرانشاهی (۱۳۹۳) برای صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران صورت گرفت که در آن سرمایه و نیز قیمت انرژی با اثر منفی بر شدت انرژی در این صنایع شناسایی شدند.

همچنین مطالعاتی به منظور تجزیه شاخص شدت انرژی صورت گرفته‌اند مانند مطالعات امیرمعینی (۱۳۹۵) که با استفاده از رویکرد دیویزیا، شدت انرژی بخش صنعت ایران را به دو اثر ساختار و شدت تجزیه کرده است و لطفی و همکاران (۱۳۹۷) که با رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید به تجزیه عوامل موثر بر شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران پرداختند. درگاهی و بیابانی خامنه (۱۳۹۵) نیز با بهره‌گیری از روش تجزیه شاخصی، روش‌های اقتصادسنجی خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی و خودرگرسیون برداری ساختاری به شناسایی عوامل موثر بر شدت انرژی در اقتصاد ایران پرداختند. بنابر نتایج الگوهای برآوردی، رابطه شدت انرژی با درآمد سرانه مثبت اما اثر بخش صنعت از تولید، بهره‌وری کل عوامل تولید و قیمت انرژی بر شدت انرژی منفی ارزیابی شد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

مرور مطالعات، حاکی از تصریح‌های مختلف از متغیرهای توضیحی و در نتیجه تفاوت قابل توجه در یافته‌های آن‌ها برای تبیین تغییرات شاخص شدت انرژی است و این عدم توافق در ارتباط با متغیرهای توضیح‌دهنده شدت انرژی و مدلی که به درستی شدت انرژی را توضیح دهد وجود نااطمینانی نسبت به مدل در زمینه موضوع پژوهش را تأیید می‌کند و ضرورت استفاده از روش‌های متناسب با نااطمینانی مدل را نمایان می‌سازد که در مطالعات داخلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش حاضر تلاش می‌نماید که در قالب تکنیک میانگین‌گیری بیزی که یک روش تحلیل متناسب با شرایط نااطمینانی نسبت به مدل است، به شناسایی عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی بپردازد.

۳. مبانی نظری

شدت انرژی

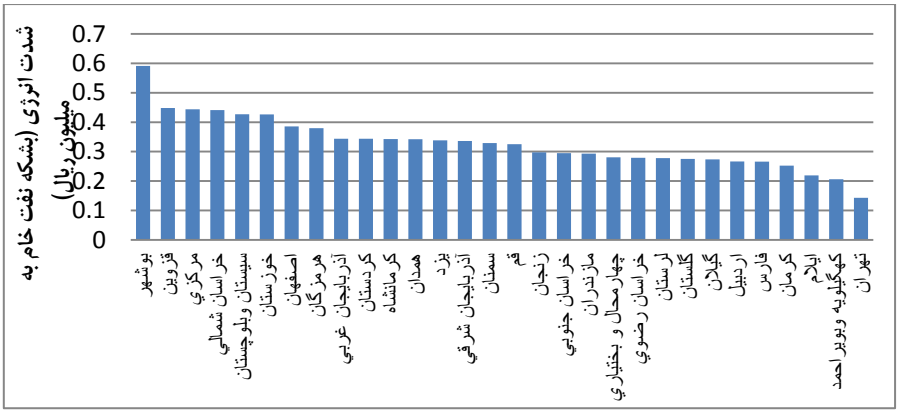
شدت انرژی یکی از معیارهای کارایی مصرف انرژی است و کاهش در شدت انرژی به معنی کاهش در انرژی مورد نیاز برای تولید یک واحد کالا و خدمات می‌باشد. بنابراین این شاخص مطابق معادله (۱) تعریف می‌شود.

$$e_{\mathrm{t}} = \frac{\mathrm{E_t}}{\mathrm{Y}_t} \qquad (۱)$$

که در آن e_{t} شدت انرژی در سال t است و $\mathrm{E_t}$ و Y_t به ترتیب، کل انرژی مصرفی و تولید ناخالص داخلی در سال t هستند.

واحدهای مختلفی برای اندازه‌گیری شدت انرژی وجود دارد. صورت بر حسب واحد فیزیکی (تن معادل نفت خام و بشکه معادل نفت خام) یا ترمودینامیکی است. و مخرج بر حسب شاخص جمعیتی یا اقتصادی (تولید ناخالص داخلی و ...) یا حجمی (مساحت و ...) محاسبه می‌شود (مهدوی عادلی و صالح‌نیا، ۱۳۹۱). نمودار (۲) استان‌های کشور را بر حسب متوسط شاخص شدت مصرف انرژی طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۴ رتبه‌بندی می‌کند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]



نمودار ۲. رتبه‌بندی استان‌های کشور بر حسب متوسط شدت مصرف انرژی

(بر حسب بشکه نفت خام به میلیون ریال سال ۱۳۹۰) طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۴، منبع: یافته‌های پژوهش

عوامل موثر بر شدت انرژی

ـ عوامل اقتصادی

از میان عوامل اقتصادی عواملی همچون درآمد، سرمایه سرانه نیروی‌کار، تغییر در ساختار تولید و مخارج دولت، متغیرهای بالقوه تاثیرگذار بر شدت انرژی هستند. افزایش درآمد از یک‌سو می‌تواند موجب افزایش تقاضا برای کالاهای مختلف از جمله انرژی شود و از سویی دیگر انتظار می‌رود با افزایش درآمد و افزایش آگاهی از مسائل زیست‌محیطی، تمایل به استفاده از تکنولوژی‌های کاهنده انرژی (به عنوان یک کالای مطلوب) افزایش یابد (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲). برآیند ۲ پیامد فوق می‌تواند رابطه میان درآمد و شدت انرژی را تبیین نماید. در بسیاری از مطالعات (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲؛ وو[1]، ۲۰۱۲؛ درگاهی و همکاران[2]، ۲۰۱۹؛ راسخی و سلمانی، ۱۳۹۲؛ جعفری صمیمی و محمدی خیاره، ۱۳۹۳) این متغیر با تاثیر زیاد بر شدت انرژی

1. Wu
2. Dargahi et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

ارزیابی شده است. اثر متغیر سرمایه سرانه نیروی‌کار بر شدت انرژی بسته به این که رابطه آن با انرژی مکملی یا جانشینی باشد متفاوت است. اگر رابطه میان آن‌ها به عنوان دو نهاده تولید، رابطه مکملی باشد، افزایش سرمایه می‌تواند شدت انرژی را نیز افزایش دهد. نمونه ای از این اثر مثبت در یافته‌های کول (۲۰۰۶) و هنگ و تو (۲۰۰۷) مشاهده می‌شود. اما اگر رابطه میان این دو متغیر، رابطه جانشینی باشد با افزایش سرمایه، شدت انرژی کاهش می‌یابد. لیو و هان (۲۰۰۸) و موسوی (۱۳۹۴) این رابطه را جانشینی ارزیابی کردند. این متغیر به عنوان معیاری از سطح تکنولوژی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (وو، ۲۰۱۲) که در این صورت انتظار می‌رود اثر آن بر شدت انرژی منفی باشد. همچنین روند توسعه نشان داده است که کشورهای توسعه‌یافته در روند زمانی، با سهم بالاتر بخش خدمات و سهم پایین‌تر بخش کشاورزی و صنعت روبرو می‌شوند. از آن جا که بخش خدمات نسبت به دیگر بخش‌ها انرژی کمتری مصرف می‌کند، انتظار بر این است که همراه با حرکت کشورها در مسیر توسعه، به دلیل تغییرات ساختاری ذکر شده از شدت انرژی در اقتصاد کاسته شود (سیف، ۱۳۸۷). در رابطه با مخارج دولت نیز می‌توان گفت که امروزه در بیشتر موارد، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، افزایش مخارج نسبی دولت با کاهش نرخ‌های رشد و بهره‌وری همراه بوده است و این باعث افزایش استفاده از نهاده‌ها همچون حامل‌های انرژی یا کاهش تولید با مقدار مشخصی نهاده می‌شود. در ایران نیز از آن‌جا که بخش مهمی از هزینه‌های دولت به هزینه‌های جاری اختصاص دارد و هزینه‌های جاری، بیشتر از آن‌که جنبه سرمایه‌گذاری داشته باشد، جنبه مصرفی دارد به طوری‌که این هزینه‌ها صرف خرید کالا و خدمات و هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی و یارانه‌ها می‌شود انتظار می‌رود که افزایش مخارج دولت به افزایش شدت انرژی منجر شود (ندایی، ۱۳۹۴؛ یوخیانگ و چن، ۲۰۱۰).

ـ عوامل جمعیت شناختی

افزایش جمعیت می‌تواند بر شدت انرژی اثر مثبت یا منفی داشته باشد، چنان‌چه زیرساخت‌ها بهبود یابند، کارایی انرژی افزایش و شدت انرژی کاهش می‌یابد. اما اگر از زیرساخت‌های قدیمی استفاده شود، کارایی انرژی کاهش و شدت انرژی افزایش می‌یابد. گسترش شهرنشینی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

نیز یکی از پدیده‌های مهم جمعیتی در پی توسعه اقتصادی و صنعتی شدن است. ایران در سال‌های گذشته، شاهد توسعه سریع شهرها بوده است به‌طوری‌که جمعیت شهری ایران که در نخستین سرشماری انجام‌شده در کشور (سال ۱۳۳۵) حدود ۳۱ درصد بوده، اکنون (طبق سرشماری سال ۱۳۹۵) به ۷۴ درصد جمعیت کشور رسیده است. مهم‌ترین دلیل رشد شهرنشینی، مهاجرت جمعیت روستایی به سمت مناطق شهری است که این مهاجرت می‌تواند علل زیادی داشته باشد. به‌هرحال افزایش شهرنشینی می‌تواند اثر متفاوتی بر شدت انرژی داشته باشد زیرا از یک‌سو زمینه بهره‌گیری از صرفه‌های ناشی از مقیاس را در استفاده از منابع ایجاد می‌کند و از سوی دیگر موجب بزرگ‌تر شدن مقیاس تولید در فعالیت‌های جدید انرژی‌بر و نیز افزایش تقاضا برای خدمات شهری انرژی‌بر مانند حمل‌ونقل، دفع زباله و فاضلاب و ... می‌شود (جونز[1]، ۱۹۹۱؛ هالتدال و جولتز[2]، ۲۰۰۴).

ـ عوامل صنعتی

عوامل صنعتی همچون سرمایه‌گذاری در بخش صنعت، مالکیت و اندازه بنگاه‌ها می‌توانند بر شدت انرژی موثر واقع شوند. انتظار بر این است که با افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت، از شدت انرژی کاسته شود، اما اگر این سرمایه‌گذاری کارا نباشد می‌تواند سبب افزایش آن نیز گردد. همچنین مالکیت گسترده بخش دولتی در بیشتر فعالیت‌های اقتصادی، موجب افزایش شدت انرژی است و انتظار می‌رود که بخش خصوصی در مصرف بهینه انرژی کاراتر عمل کند (ایروان و همکاران[3]، ۲۰۱۰). مطالعات کومار (۲۰۰۳) و دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۵) نیز این رابطه را تأیید می‌کنند. در رابطه با اندازه بنگاه می‌توان گفت در بیشتر مواقع بنگاه‌های بزرگ‌تر در خرید نهاده‌ها از جمله انرژی، قدرت چانه‌زنی بالاتری داشته و هم‌چنین توان مالی خرید

1. Jones
2. Holtedahl & Joutz
3. Irwan et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

تکنولوژی‌های کاراتر را دارا هستند. بنابراین انتظار می‌رود که شدت انرژی در بنگاه‌های بزرگ‌تر به صورت نسبی پایین‌تر باشد (کلیجوگ و همکاران[1]، ۱۹۹۰)؛ همان طور که در مطالعات کومار (۲۰۰۳)، پاپادوگنز و مایلوناکس (۲۰۰۷) و ایروان و همکاران (۲۰۱۰)، این اثر منفی احراز شده است. اما برخی مطالعات چون صادقی و سجودی (۱۳۹۰) نشان داده‌اند که بنگاه‌های کوچک و متوسط، شدت انرژی پایین‌تری دارند؛ چرا که این بنگاه‌ها به دلیل قرار گرفتن در محیط رقابتی‌تر و داشتن انگیزه برای کاهش هزینه‌ها، اقدام به نوآوری بیشتری کرده و تمایل بیشتری در به‌کارگیری تجهیزات و تکنولوژی‌های پیشرفته و کارا دارند (پاپادوگونز و همکاران[2]، ۲۰۰۵).

ـ عوامل تجاری

باز بودن تجاری سه اثر مقیاس، ترکیبی و تکنیکی بر شدت انرژی دارد. تجارت جهانی فعالیت‌های اقتصادی را افزایش می‌دهد و بنابراین به تغییراتی در مصرف انرژی به سبب دگرگونی فعالیت‌های اقتصادی منجر می‌شود، که اثر مقیاس خوانده می‌شود. اثر ترکیبی جهشی ساختاری در فعالیت‌های اقتصادی را نشان می‌دهد و اثر آن بر مصرف انرژی، بسته به الگوی تخصیص اقتصادها و مزیت‌های نسبی گوناگون آن‌ها ممکن است مثبت یا منفی باشد. اثر تکنیکی به تاثیر باز بودن تجاری بر بهره‌گیری از فناوری‌های انرژی‌اندوز و بهره‌مندی از تجارب جهانی در اقتصاد داخلی اشاره دارد (شهباز[3] و دیگران، ۲۰۱۴). اثر مثبت باز بودن تجاری بر بهره‌وری انرژی در مطالعات لیو و هان (۲۰۰۸) و ادم (۲۰۱۵) مشاهده می‌شود. اما در برخی مطالعات مانند مطالعه کول (۲۰۰۶) این رابطه منفی ارزیابی شده است. دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۵) نیز این رابطه را بی‌معنی یافتند.

1. Kleijweget al
2. Papadogonas et al
3. Shahbazet al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

ـ وضعیت آب‌وهوا

انتظار می‌رود که در مناطق سردسیر و گرمسیر نسبت به مناطق معتدل شدت انرژی افزایش یابد. مثلا کشور کانادا به دلیل وسعت جغرافیایی و آب‌وهوای سرد، میزان انرژی بیشتری مصرف می‌کند در صورتی که در کشور ژاپن عواملی مانند آب‌وهوای معتدل موجب کاهش شدت انرژی شده است.

ـ اقتصاد دانش‌بنیان

رشد فناوری اطلاعات و ارتباطات موجب شده است که بسترهای سریع اطلاعات، کاهش هزینه‌های مبادله، افزایش کارایی و ارتقای سطح زندگی و رفاه فراهم شود. حتی عنوان می‌شود که اطلاعات در چرخه فعالیت‌های اقتصادی می‌تواند به عنوان نهاده جانشین انرژی، نقش‌آفرینی کند. پدیده‌هایی از قبیل کاهش مصرف سوخت در حمل‌و نقل و افزایش کارایی انرژی در نتیجه کامپیوتری کردن فرآیند تولید از جمله دلایلی هستند که می‌توان برای اثبات جانشینی اطلاعات به جای انرژی مطرح کرد (قاسمی و محمدخان پور اردبیل، ۱۳۹۳). با این حال به‌کارگیری شبکه‌های اطلاعاتی و مخابراتی می‌تواند دو اثر جانشینی و درآمدی بر مصرف انرژی داشته باشد که در نتیجه اثر جانشینی، مصرف انرژی کاهش می‌یابد ولی اثر درآمدی باعث افزایش مصرف انرژی در نتیجه افزایش سطح فعالیت‌های اقتصادی و تعداد مبادلات می‌شود. همان طور که در مطالعه سادروسکی (۲۰۱۲) و محمودزاده و شاه‌بیگی (۱۳۹۱) تاثیر تقاضا برای محصولات فاوا (نرم‌افزار- سخت‌افزار- ارتباطات) بر شدت انرژی مثبت ارزیابی شده است. سیف و حمیدی رزی (۱۳۹۵) نیز تاثیر ضریب نفوذ اینترنت را منفی، اما تاثیر شدت مشترکان تلفن‌های همراه را بر شدت انرژی مثبت ارزیابی کردند. همچنین نیروی‌کار فرهیخته به عنوان یکی از شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان، از سویی کارایی اقتصادی را بیشتر می‌کند و از سویی دیگر انجام سیاست‌های مدیریت انرژی را تسهیل می‌بخشد و می‌تواند بر شدت انرژی موثر واقع شود (سیف و حمیدی رزی، ۱۳۹۵).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

ـ شاخص‌های حمل‌و نقل

صنعت حمل‌و نقل سهم عمده ای از مصرف انرژی و نیز انتشار آلودگی را نه تنها در کشور ایران، بلکه در جهان به خود اختصاص داده است. در ایران، مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل‌ونقل بیش از ۶۰ درصد کل مصرف فرآورده‌های نفتی کشور می‌باشد که بیشترین مصرف آن نیز در بخش حمل‌و نقل جاده‌ای بوده و بخش‌های هوایی و ریلی سهم بسیار اندکی از مصرف را به خود اختصاص داده‌اند. بدیهی است اگر افزایش تولید ناشی از حمل‌و نقل، کمتر از افزایش مصرف انرژی در این صنعت باشد نشان از عدم کارایی و افزایش شدت انرژی در این بخش دارد. در مطالعه فطرس و همکاران (۱۳۹۳) اثر مثبت موجودی وسایل نقلیه بر تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران مشاهده می‌شود.

ـ بخش انرژی

قیمت انرژی و جانشینی بین انواع حامل‌های انرژی می‌توانند بر شدت انرژی موثر واقع شوند. اثر قیمت می‌تواند در اثر پذیرش تکنولوژی‌های کاهنده مصرف انرژی توسط دارندگان سرمایه به وقوع بپیوندد که نیازمند سرمایه‌گذاری است. در کوتاه مدت به دلیل ثابت بودن سرمایه و فناوری، با افزایش قیمت انرژی، هزینه‌های استفاده از سرمایه افزایش یافته و مصرف‌کننده انرژی، پرتفوی خود را با کاهش مصرف انرژی تا حد ممکن بهینه‌سازی می‌کند که این تنها با کاهش نرخ استفاده از سرمایه امکان‌پذیر است. نتیجه این کاهش نیز علاوه بر کاهش تقاضای انرژی، کاهش فعالیت اقتصادی خواهد بود. در بلندمدت با امکان‌پذیری تغییر سرمایه و فناوری، باز هم کاهش تقاضای انرژی اتفاق می‌افتد. اما در صورت واقعی نبودن قیمت انرژی که اغلب ناشی از پرداخت یارانه‌های انرژی و پایین نگه داشتن مصنوعی قیمت است، گزینش مصرف‌کنندگان انرژی در فناوری‌ها، به کارایی و مصرف بهینه انرژی منجر نمی‌شود زیرا دلیل اقتصادی وجود ندارد که کارگزار اقتصادی هزینه‌های اولیه زیادی برای سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی انجام دهد، در حالی که سهم مخارج انرژی در سبد هزینه‌های او ناچیز است (درگاهی و بیابانی خامنه، ۱۳۹۵). جانشینی بین حامل‌های انرژی و کاربرد بیشتر سوخت‌های باکیفیت بالاتر چون

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

الکتریسیته به جای سوخت‌های باکیفیت پایین‌تر مثل زغال‌سنگ و چوب نیز یکی از دلایل اصلی کاهش شدت انرژی در کشورهای پیشرفته طی دهه‌های گذشته بوده است. در ایران طی دهه‌های اخیر، سیاست جایگزینی گاز طبیعی به جای نفت و فرآورده‌های نفتی به عنوان یکی از سیاست‌های راهبردی حاکم بر بخش انرژی مورد نظر بوده است؛ به طوری که طی برنامه‌های اول تا پنجم توسعه، رشد متوسط سالیانه مصرف فرآورده‌های نفتی به ترتیب ۶/۸۶، ۰.۹، ۲/۴۹، ۴/۵ و ۰/۲ درصد، اما رشد مصرف گاز طبیعی به ترتیب ۲۴، ۱۱/۴، ۹/۵، ۱۰/۲ و ۴/۸ درصد را نشان می‌دهد. در واقع ویژگی‌های خاص گاز طبیعی از ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی، این حامل انرژی را به عنوان یک عامل تولیدی مهم در بخش‌های تولیدی و نیز یک حامل انرژی مطلوب در بخش‌های مصرف‌کننده نهایی انرژی معرفی نموده است. علاوه بر این، ایران دومین کشور دارنده ذخایر گاز طبیعی در سطح جهان است. در این مطالعه تاثیر این سیاست بر شدت انرژی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

٤. روش‌شناسی

در الگوهای اقتصادسنجی، دو دسته متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرند. دسته اول، متغیرهای اصلی[1] هستند که بر اساس تئوری‌های رسمی و قوی از حضور آن‌ها در الگو حمایت می‌شود. دسته دوم، متغیرهای فرعی[2] هستند که بر اساس تئوری‌های غیر رسمی، توجیهاتی برای حضور آن‌ها در الگو ارائه می‌شود و نسبت به حضور آن‌ها در الگو اطمینان کمتری وجود دارد (دنی لاو و مگنس[3]، ۲۰۰۴).

چهارچوب آماری مورد بررسی در این پژوهش، مدل رگرسیون خطی به فرم (۲) است.

$$y = X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + u \qquad (۲)$$

1. Focus Variables
2. Auxlary Variables
3. Danilov & Magnus

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

که در آن y یک بردار $\mathrm{n}\times 1$ از متغیر وابسته است. $X_{\mathrm{j}}(\mathrm{j}=1,2)$ یک ماتریس $\mathrm{n}\times k_j$ از مشاهدات مربوط به متغیرهای توضیحی است که غیر تصادفی هستند (X_1 دربردارنده متغیرهای اصلی و X_2 دربردارنده متغیرهای فرعی است). u نیز بردار تصادفی از اجزای اخلال است که اجزای آن دارای توزیع $i.i.d\ N(0,\sigma^2)$ فرض می‌شوند. از آنجایی که نااطمینانی الگو به k_2 متغیر از X_2 محدود می‌شود، تعداد الگوهای ممکن که مورد بررسی قرار می‌گیرد (تعداد مدل‌های موجود در فضای مدل) بر اساس حضور یا عدم حضور هرکدام از متغیرهای فرعی، برابر با $\mathrm{I}=2^{k_2}$ می‌باشد. از این به بعد M_i نشانگر i امین مدل از فضای مدل است.

ایده اصلی تخمین‌زن‌های متوسط‌گیری مدل، این است که ابتدا پارامترهای مورد نظر را به شرط هر مدل، در فضای مدل به دست آورده و سپس یک تخمین غیر شرطی به صورت متوسط وزنی از این تخمین‌های شرطی محاسبه می‌گردد. یک تخمین متوسط‌گیری مدل از β_1 به عنوان ضریب یکی از متغیرهای توضیحی به صورت رابطه (۳) است (دی لوکا و مگنس[1]، ۲۰۱۱).

$$\hat{\beta}_1=\sum_{i=1}^{I}\lambda_i\hat{\beta}_{1i} \qquad (۳)$$

که در آن λ_i وزن‌های غیرمنفی تصادفی با مجموع یک هستند.

روش میانگین‌گیری مدل بیزی توسط جفری[2] در سال ۱۹۶۱ پایه‌گذاری شد و توسط لیمر[3] (۱۹۷۸) توسعه داده شد. اصل اساسی در این روش آن است که با مدل‌ها و پارامترهای مرتبط با آن به عنوان عوامل تصادفی رفتار کرده و توزیع آن‌ها را بر مبنای اطلاعات قبلی برآورد می‌نماید (دراپر، ۱۹۹۵).

با در نظر گرفتن دو پیشامد تصادفی A و B، قانون بیز به عنوان عنصر اصلی اقتصادسنجی بیزی، به صورت رابطه (۴) نوشته می‌شود:

1. De Luca & Magnus
2. Jeffrey
3. Limer

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (۴)$$

که $P(A|B)$ احتمال رخ دادن A به شرط B و $P(B)$ احتمال حاشیه‌ای B می‌باشد. حال با فرض اینکه Y مجموعه داده‌های در دسترس (متغیرهای توضیحی و وابسته) و θ بردار پارامترها باشد، می‌توان قانون بیز را به صورت معادله (۵) بازنویسی کرد. احتمال پارامترها به شرط مجموعه داده‌های در دسترس (یعنی $P(\theta|Y)$) عبارت است از:

$$P(\theta|Y) = \frac{P(Y|\theta)P(\theta)}{P(Y)} \quad (۵)$$

$P(\theta)$ تابع توزیع پیشین[1] نام دارد که به داده‌ها وابسته نیست و نشان‌دهنده توزیع احتمال ذهنی محقق از پارامترها قبل از مشاهده داده‌هاست. به $P(Y|\theta)$ تابع درستنمایی[2] اطلاق می‌شود که نشان‌دهنده تراکم داده‌ها بر روی پارامترهای مدل است و به فرآیند تولید داده‌ها اشاره دارد. $P(\theta|Y)$ نیز با استفاده از ترکیب توابع پیشین و درستنمایی به دست می‌آید بنابراین توزیع احتمال پارامترها را پس از مشاهده داده‌ها نشان می‌دهد و تابع پسین[3] نام دارد.

در روش میانگین‌گیری مدل بیزی، اطلاعات پیشین محقق در مورد پارامترهای مجهول الگو، با اطلاعات به دست آمده از داده‌ها ترکیب می‌شود. اما داشتن اطلاعات در مورد همه متغیرها و مدل‌های ممکن پیش‌رو بعید به نظر می‌رسد و پارامترهای مربوط به توزیع تابع پیشین را نمی‌توان برای همه 2^{k_2} مدل نوشت؛ بنابراین عملا امکان استفاده از تابع پیشین آگاهی‌بخش[4] برای پارامترهای روش «میانگین‌گیری مدل بیزی» وجود ندارد. یک راه‌حل برای این مشکل، استفاده از تابع پیشین غیر آگاهی‌بخش[5] برای تمام مدل‌ها می‌باشد. اگر فرض شود که مدل M_i صحیح باشد، پس تابع درستنمایی نمونه به‌کار رفته به وسیله مدل را می‌توان به صورت رابطه (۶) نوشت:

1. Prior Function
2. Likelihood Function
3. Posterior Function
4. Informative
5. Non-informative

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

$$P(y|\beta_1,\beta_{2i},\sigma^2,M_i)\sim(\sigma^2)^{-n/2}\exp\left(-\frac{\varepsilon_i^T\varepsilon_i}{2\sigma^2}\right) \quad (۶)$$

اطلاعات پیشین در مورد پارامترهای مدل M_i با در نظر گرفتن یک تابع پیشین غیر آگاهی‌بخش در مورد پارامترهای β_1 و واریانس خطای σ^2، به‌علاوه یک تابع آگاهی‌بخش برای پارامترهای فرعی β_{2i} منجر به توزیع پیشین توام شرطی به شکل رابطه (۷) می‌شود:

$$P(\beta_1,\beta_2,\sigma^2|M_i)\sim(\sigma^2)^{(k_{2i}+2)/2}\exp\left(-\frac{\beta_{2i}^T V_{0i}^{-1}\beta_{2i}}{2\sigma^2}\right) \quad (۷)$$

که در آن V_{0i}^{-1} ماتریس واریانس- کوواریانس توزیع پیشین β_{2i} می‌باشد. فرم استاندارد پیشنهاد شده برای آن توسط زلنر[1] (۱۹۸۶) و فرناندز و دیگران[2] (۲۰۰۱) به صورت رابطه (۸) ارائه شده است:

$$V_{0i}^{-1}=gX_{2i}^T M_1 X_{2i} \quad (۸)$$

$g={}^1/_{\max(n,k_2)}$ نیز یک ضریب ثابت برای هر مدل است.

در استنباط بیزی، تابع درستنمایی با توزیع پیشین شرطی ترکیب می‌شود تا توزیع پسین شرطی معادله (۸) به دست آید. پس از محاسبه توزیع پسین شرطی، تخمین‌های شرطی برای β_1 و β_{2i} برای مدل M_i به صورت روابط (۹) و (۱۰) است (مگنس و همکاران[3]، ۲۰۱۰).

$$\hat{\beta}_{1i}=\mathrm{E}(\mathrm{B}_1|y,M_i)=(X_1^T X_1)^{-1}X_1^T(y-X_{2i}\hat{\beta}_{2i}) \quad (۹)$$

$$\hat{\beta}_{2i}=\mathrm{E}(\beta_{2i}|y,M_i)=(1+g)^{-1}(X_{2i}^T M_i X_{2i})^{-1}X_{2i}^T M_1 y \quad (۱۰)$$

اطلاعات و عقاید پژوهشگر در مورد فضای مدل به وسیله این فرض ارائه شده است که هر مدل بر اساس احتمال پسین خود، مطابق معادله (۱۱) وزن داده شده است:

$$\lambda_i=P(\mathrm{M}_i|y)=\frac{P(M_i)P(y|M_i)}{\sum_{j=1}^{I}P(M_j)P(y|M_j)} \quad (۱۱)$$

1. Zellner
2. Fernández et al
3. Mgnus et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

که $P(M_i)$ احتمال پیشین برای مدل M_i و $P(y/M_i)$ تابع درستنمایی حاشیه‌ای y برای مدل M_i است. می‌توان نشان داد که:

$$\lambda_i = P(y|\mathrm{M}_i) = c(\frac{g}{1+g})^{k_{2i}/2}(y^T M_1 A_i M_1 y)^{-(n-k_1)/2} \quad (۱۲)$$

پس از آن‌که تخمین‌های شرطی β_{1i} و β_{2i} برای پارامترهای رگرسیون مدل M_i و وزن‌های مدل را به‌دست آوردیم، تخمین‌های غیرشرطی BMA برای β_1 و β_2، مطابق روابط (۱۳) و (۱۴) محاسبه می‌شوند:

$$\hat{\beta}_1 = E(\beta_1|\, y) = \int_{i=1}^{I} \lambda_i \hat{\beta}_{1i} \quad (۱۳)$$

$$\hat{\beta}_2 = E(\beta_2|\, y) = \int_{i=1}^{I} \lambda_i T_i \hat{\beta}_{2i} \quad (۱۴)$$

که T_i ماتریس $k_2 \times k_{2\mathrm{i}}$ تعریف شده به وسیله $T_{\mathrm{i}}^{\mathrm{T}} = (\mathrm{I}_{\mathrm{k}_{2\mathrm{i}}}, 0)$ است (دی لوکا و مگنس، ۲۰۱۰).

۵. تحلیل داده‌ها و تخمین مدل

متغیرهای پژوهش

در این تحقیق، اثر ۲۴ متغیر توضیحی به شرح جدول (۱)، بر روی لگاریتم شدت انرژی (به عنوان متغیر وابسته) طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۴ در ۳۰ استان ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد تا در نهایت، متغیرهایی که در حضور متغیرهای دیگر، اثر خود را بر شدت انرژی حفظ می‌کنند شناسایی شوند. جهت واقعی شدن داده‌های اسمی از شاخص بهای کالاها و خدمات در مناطق شهری استان‌ها (۱۰۰=۱۳۹۰) برگرفته از بانک مرکزی، استفاده شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

جدول۱. متغیرهای به کارگرفته شده در تحقیق به همراه منبع جمع‌آوری و علامت انتظاری

گروه متغیر	معرفی متغیر و توضیحات مرتبط با آن	منبع جمع‌آوری اطلاعات	علامت انتظاری
متغیر وابسته	لگاریتم شدت انرژی استان‌ها (بر حسب معادل بشکه نفت خام به میلیارد ریال) که برای محاسبه آن، مصرف انرژی (شامل برق، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید، نفت کوره و نفت گاز) بر تولید واقعی استان‌ها تقسیم شده است.	آمار مصرف انرژی استان‌ها از وزارت نیرو و GDP استان‌ها از مرکز آمار ایران استخراج شده است.	
متغیرهای اقتصادی	لگاریتم درآمد سرانه واقعی استان‌ها (میلیون ریال)	مرکز آمار ایران	نامعلوم
	لگاریتم نسبت سرمایه واقعی به نیروی‌کار (میلیون ریال به نفر) که برای محاسبه موجودی سرمایه هر استان (به دلیل موجود نبودن اطلاعات این متغیر)، با فرض برابری نسبت سرمایه استان به سرمایه کشور با نسبت تولید استان به تولید کشور، موجودی سرمایه کل کشور در نسبت تولید ناخالص استان به تولید ناخالص کشور ضرب شده است.	آمار موجودی سرمایه کشور از بانک مرکزی و آمار تولید و نیروی‌کار از مرکز آمار استخراج شده است.	نامعلوم
	لگاریتم نسبت ارزش افزوده بخش خدمات به GDP بر حسب درصد	مرکز آمار ایران	منفی
	لگاریتم نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به GDP بر حسب درصد	مرکز آمار ایران	مثبت
	لگاریتم مخارج واقعی دولت (میلیون ریال) که برابر مجموع پرداخت اعتبارات هزینه‌ای و سرمایه‌ای است.	وزارت امور اقتصادی و دارایی	مثبت
اقتصاد دانش‌بنیان	لگاریتم نسبت شاغلان کارگاه‌های صنعتی۱۰ نفرکارکن و بیشتر با مدارک دانشگاهی به کل شاغلان این کارگاه‌ها بر حسب درصد	مرکز آمار ایران	منفی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

گروه متغیر	معرفی متغیر و توضیحات مرتبط با آن	منبع جمع‌آوری اطلاعات	علامت انتظاری
	لگاریتم مجموع تعداد تراکنش‌ها از طریق خودپردازها و پایانه فروش و پایانه شعب (به هزار) به عنوان شاخص بانکداری الکترونیکی[1]	بانک مرکزی ایران	منفی
	لگاریتم نسبت مشترکین تلفن‌های همراه به کل جمعیت بر حسب درصد	وزارت ارتباطات وفناوری اطلاعات	منفی
شاخص‌های تجاری	لگاریتم نسبت صادرات به تولید بر حسب درصد (تن به میلیارد ریال)	مرکز آمار ایران	منفی
	لگاریتم نسبت واردات به تولید بر حسب درصد (تن به میلیارد ریال)	مرکز آمار ایران	منفی
شاخص‌های حمل‌ونقل	لگاریتم تعداد مسافرین جابه جا شده درون استانی (هزار نفر)	سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای	مثبت
	لگاریتم میزان کالای جابه جا شده در داخل استان (هزار تن)	سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای	مثبت
	لگاریتم تعدادانواع‌وسایل‌نقلیه‌موتوری‌شماره‌گذاری‌شده	نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران	مثبت
عوامل جمعیت‌شناختی	لگاریتم تراکم جمعیت (نفر به کیلومترمربع)	مرکز آمار ایران	نامعلوم
	لگاریتم رشد جمعیت بر حسب درصد	مرکز آمار ایران	نامعلوم
	لگاریتم نرخ شهرنشینی بر حسب درصدکه نسبت جمعیت شهرنشین به کل جمعیت در نظر گرفته شده است.	مرکز آمار ایران	نامعلوم
مشخصه‌ها	لگاریتم تعدادکارگاه‌های صنعتی دارای ده نفر کارکن و بیشتر با مالکیت خصوصی	مرکز آمار ایران	منفی

۱. متغیر بانکداری الکترونیکی به دلیل گسترش روزافزون آن در سال‌های مورد بررسی و تاثیر آن در کاهش هزینه‌های مبادله به عنوان یک شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

گروه متغیر	معرفی متغیر و توضیحات مرتبط با آن	منبع جمع‌آوری اطلاعات	علامت انتظاری
	لگاریتم نسبت تعدادکارگاه‌های صنعتی بزرگ (دارای ۵۰ نفر کارکن و بیشتر) به تعداد کارگاه‌های صنعتی کوچک (دارای۱۰تا ۴۹ نفرکارکن)	مرکز آمار ایران	نامعلوم
	لگاریتم سرمایه گذاری کارگاه‌های صنعتی دارای ۱۰ نفرکارکن و بیشتر (میلیون ریال)	مرکز آمار ایران	نامعلوم
آب‌وهوا	لگاریتم تعداد ماه‌ها با دمای متوسط کمتر از ۱۸ درجه سانتیگراد	سازمان هواشناسی	مثبت
	لگاریتم تعداد ماه‌ها با دمای متوسط بیشتر از ۲۵ درجه سانتیگراد	سازمان هواشناسی	مثبت
بخش انرژی	لگاریتم قیمت واقعی انرژی (معادل بشکه نفت خام/میلیون ریال) که در واقع میانگین وزنی قیمت واقعی حامل‌های انرژی (شامل برق، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید، نفت کوره و نفت گاز) است. وزن‌ها نیز سهم مصرف هر حامل انرژی از کل مصرف انرژی هستند.	ترازنامه‌های انرژی منتشره توسط وزارت نیرو	منفی
	لگاریتم نسبت مصرف فرآورده‌های نفتی به کل مصرف نهایی انرژی بر حسب درصد	وزارت نیرو	نامعلوم
	لگاریتم نسبت مصرف گاز طبیعی به کل مصرف نهایی انرژی بر حسب درصد	وزارت نیرو	نامعلوم

مأخذ: متغیرهای تحقیق

برآورد مدل

الگوی کلی مورد استفاده به صورت $y = a + X_1 b + X_2 c + e$ است که در آن y، X_1 و X_2 به ترتیب معرف لگاریتم شدت انرژی، مجموعه رگرسورهای اصلی (در این جا لگاریتم درآمد سرانه) و رگرسورهای فرعی (شامل ۲۳ متغیر) است. در جدول (۲) نتایج تخمین BMA با استفاده از نرم‌افزار STATA نمایش داده شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

جدول۲. نتایج حاصل از تخمین مدل با استفاده از روش BMA

متغیر	ضریب	pip	آماره **t**	فاصله اطمینان	
لگاریتم جمله ثابت	۱/۹۲	۱	۲/۲۹	۱/۰۸	۲/۷۵
لگاریتم درآمد سرانه*	-۰/۲۸	۱	-۲/۹۳	-۰/۳۷	-۰/۱۸
لگاریتم سهم بخش خدمات از تولید*	-۰/۳۸	۱	-۳/۹۵	-۰/۴۷	-۰/۲۸
لگاریتم نسبت صادرات به تولید*	۰/۲۴	۱	۴/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۹
لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی*	-۰/۱۶	۰/۹۸	-۳/۰۲	-۰/۲۱	-۰/۱
لگاریتم قیمت انرژی*	-۰/۱۲	۰/۹۶	-۲/۸۲	-۰/۱۷	-۰/۰۸
لگاریتم تعداد ماه‌های گرم سال*	-۰/۱۳	۰/۸۸	-۱/۹۹	-۰/۲	-۰/۰۷
لگاریتم سرمایه سرانه نیروی‌کار*	۰/۱۹	۰/۷۱	۱/۳۲	۰/۰۵	۰/۳۴
لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال*	۰/۰۹	۰/۶۳	۱/۱۱	۰/۰۰۹	۰/۱۸
لگاریتم نرخ رشد جمعیت*	۰/۰۳	۰/۶	۱/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۶
لگاریتم حمل‌ونقل کالا	-۰/۲	۰/۵۷	-۰/۹۷	-۰/۴	۰/۰۰۵
لگاریتم ضریب نفوذ تلفن‌های همراه	۰/۰۵۹	۰/۵۷	۰/۹۷	-۰/۰۰۲	۰/۱۲
لگاریتم مالکیت خودرو	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۷۷	-۰/۱	۰/۷۷
لگاریتم نسبت واردات به تولید	-۰/۳۱	۰/۴۲	-۰/۷۵	-۰/۷۳	۰/۱
لگاریتم سهم بخش صنعت از تولید	-۰/۰۲	۰/۴۱	-۰/۷۳	-۰/۰۵	۰/۰۰۸
لگاریتم مخارج دولت	۰/۰۲	۰/۲۸	۰/۵۱	-۰/۰۲	۰/۰۷
لگاریتم نسبت حجم بنگاه‌های بزرگ به بنگاه‌های کوچک	-۰/۰۰۷	۰/۱۵	-۰/۳۴	-۰/۰۳	۰/۰۱
لگاریتم بانکداری الکترونیکی	-۰/۰۲	۰/۱۴	-۰/۳۳	-۰/۰۸	۰/۰۴
لگاریتم تعداد مسافران	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۲۳	-۰/۰۴	۰/۰۶
لگاریتم نرخ شهرنشینی	۰/۰۰۵	۰/۰۹	۰/۱۱	-۰/۰۴	۵/۰۵
لگاریتم تعداد شاغلان با مدارک دانشگاهی	-۰/۰۰۲	۰/۰۸	-۰/۱۷	-۰/۰۲	۰/۰۱
لگاریتم سهم گاز طبیعی از مصرف انرژی	-۰/۰۰۳	۰/۰۸	-۰/۱۶	-۰/۰۲	۰/۰۱
لگاریتم سرمایه‌گذاری بخش صنعت	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۱۴	-۰/۰۷	۰/۱
لگاریتم تراکم جمعیت	-۰/۰۰۲	۰/۰۶	-۰/۱۴	-۰/۰۲	۰/۰۱
لگاریتم تعداد شرکت‌های خصوصی	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۶۰	-۰/۰۴	۰/۰۴

توضیح: متغیرهایی که با علامت * مشخص شده اند نیرومند و مابقی شکننده می‌باشند.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

در روش BMA احتمال پسین حضور متغیر در مدل (pip[1])، معیار نیرومند و قوی بودن ارتباط متغیر توضیحی با متغیر وابسته است. در این پژوهش به پیروی از رفتری[2] (۱۹۹۹)، هر متغیر با pip بزرگ‌تر از ۰/۵ نیرومند به حساب می‌آید. در ستون اول جدول (۲)، متغیرها بر اساس احتمال حضورشان در مدل مرتب شده‌اند. ستون دوم، میانگین وزنی ضرایب پسین هریک از متغیرهای توضیحی در کل مدل‌های برآوردشده (۸۳۸۸۶۰۸ مدل[3]) را نشان می‌دهد و در ستون‌های سوم، چهارم و پنجم به ترتیب pip، آماره t و فاصله اطمینان ارائه شده است.

طبق نتایج حاصل از برآورد میانگین‌گیری بیزی، احتمال پسین جمله ثابت و لگاریتم درآمد سرانه برابر واحد است زیرا در همه مدل‌ها حضور دارند. ضریب متغیر لگاریتم درآمد سرانه منفی است به‌گونه‌ای که یک درصد افزایش در درآمد سرانه، به اندازه ۰/۲۸ درصد شدت انرژی را کاهش می‌دهد. در نتیجه می‌توان گفت به طور کلی، استان‌های ایران در مرحله‌ای از توسعه قرار گرفته اند که با افزایش درآمد سرانه، میزان آگاهی بیشتر شده و تمایل به استفاده از تکنولوژی‌های با انرژی‌بری کمتر، افزایش می‌یابد. در مطالعاتی مانند اقبالی و همکاران (۱۳۹۴) و محمدی (۱۳۹۵) نیز این اثر منفی حاصل شده است. اما از بین متغیرهای فرعی، لگاریتم سهم بخش خدمات از تولید و لگاریتم نسبت صادرات به تولید، قوی‌ترین رگرسورها با تاثیرگذاری حتمی بر شدت انرژی ارزیابی می‌شوند. متغیر سهم بخش خدمات از تولید، طبق انتظار بر شدت انرژی اثر منفی دارد به‌گونه‌ای که افزایش یک درصد در این سهم، ۰.۳۸ درصد از شدت انرژی می‌کاهد که نشان‌دهنده انرژی‌بری کمتر بخش خدمات نسبت به سایر بخش‌های اقتصاد در استان‌های ایران است. در مطالعه سیف (۱۳۸۷) نیز این رابطه منفی ارزیابی شده است. مثبت بودن ضریب متغیر لگاریتم نسبت صادرات به تولید می‌تواند به دو دلیل باشد؛ اول اینکه کالاهای صادراتی در ایران عمدتا انرژی‌بر هستند، چرا که ارزانی نهاده انرژی

1. Posterior Inclusion Probability
2. Raftery
3. 2^{23}

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

در ایران منجر به ایجاد مزیت در تولید و صادرات کالاهای انرژی‌بر می‌شود و دیگری اینکه حمل‌ونقل کالاهای صادراتی مستلزم مصرف انرژی است و از این طریق شدت انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهد؛ به طوری که با فرض ثابت بودن سایر عوامل با افزایش یک درصد در تولید و صادرات این کالاها، شدت انرژی به اندازه ۰/۲۴ درصد افزایش می‌یابد.

همچنین متغیرهای لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم تعداد ماه‌های گرم سال، لگاریتم سرمایه سرانه نیروی‌کار، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال و لگاریتم نرخ رشد جمعیت به ترتیب با احتمال‌های پسین ۰/۹۸، ۰/۹۶، ۰/۸۸، ۰/۷۱، ۰/۶۳ و ۰/۶ متغیرهایی نیرومند شناسایی شدند. در رابطه با سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، نتایج نشان می‌دهد که نفت و فرآورده‌های آن، منابعی باکیفیت بالا به حساب می‌آیند به طوری که با فرض ثابت بودن سایر عوامل، رشد یک درصدی سهم این حامل در سبد مصرف انرژی موجب کاهش ۰/۱۶ درصد در میزان انرژی لازم برای تولید یک واحد پولی تولید ناخالص داخلی خواهد شد. در نتیجه می‌توان گفت یکی از علل افزایش شدت انرژی در سال‌های اخیر، سیاست تغییر ترکیب استفاده از منابع انرژی یا به عبارت دیگر جایگزینی گاز طبیعی به جای نفت و فرآورده‌های نفتی بوده است. فراوانی و قیمت ارزان گاز طبیعی نیز زمینه اتلاف بیشتر این منبع انرژی را در ایران فراهم می‌کند. قیمت انرژی مطابق انتظار بر شدت انرژی اثر منفی دارد، به‌گونه‌ای که یک درصد افزایش در قیمت متوسط انرژی، ۰/۱۲ درصد از شدت انرژی می‌کاهد. این اثر قیمت می‌تواند به دلیل پذیرش تکنولوژی کاهنده مصرف انرژی باشد. مطالعاتی چون مطالعات عبدلی و ایرانشاهی (۱۳۹۳)، درگاهی و بیابانی خامنه (۱۳۹۵) و محمدی (۱۳۹۵) نیز اثر منفی را برای قیمت تأیید می‌کنند. در رابطه با وضعیت آب‌وهوا، هر یک درصد افزایش در تعداد ماه‌های گرم سال، شدت انرژی را ۰/۱۳ درصد کاهش می‌دهد. اما متغیر تعداد ماه‌های سرد سال، با ضریب ۰/۰۹ دارای تاثیری مثبت بر شدت انرژی است که این نتیجه را می‌توان در گوناگونی جغرافیای طبیعی در کشور ایران یافت که همزمان با افزایش درجه حرارت هوا و نیاز به مصرف انرژی جهت ایجاد سرما (غالبا برق) در برخی از استان‌ها به خصوص استان‌های جنوبی کشور، مصرف انرژی مورد نیاز (عموما حامل‌های گاز طبیعی و نفت

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

سفید) برای گرمایش در استان‌های سردسیر کاهش می‌یابد، که میزان این کاهش ممکن است بیش از افزایش مصرف برق به منظور سرمایش باشد. این اثر منفی حرارت هوا و اثر مثبت برودت هوا بر شدت انرژی در استان‌های ایران در مطالعات حقیقت و همکاران (۱۳۹۳) و محمدی (۱۳۹۵) نیز مشاهده می‌شود. افزایش یک درصدی سرمایه سرانه نیروی‌کار ۰/۱۳ درصد به شدت انرژی می‌افزاید. از این‌رو افزایش استفاده از سرمایه، با افزایش استفاده از انرژی توأم خواهد بود و رابطه بین این دو نهاده، رابطه مکملی ارزیابی می‌شود. همچنین می‌توان گفت در استان‌های ایران استفاده از سرمایه در بخش‌هایی رخ می‌دهد که در سطح بالایی از شدت انرژی قرار دارند. در این خصوص سلیمی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) و صادقی و سجودی (۱۳۹۰) به نتایج مشابهی رسیده‌اند. رشد جمعیت بر شدت انرژی تاثیر مثبت دارد و با افزایش یک درصد در این نرخ، شدت انرژی ۰/۴۳ درصد افزایش می‌یابد که مهم‌ترین دلیل آن می‌تواند افزایش تقاضا و مصرف انرژی در اثر افزایش جمعیت باشد. در مطالعه اقبالی و همکاران (۱۳۹۴) و محمدی (۱۳۹۵) نیز این اثر مثبت احراز شده است. در رابطه با متغیرهای لگاریتم حمل و نقل کالا و لگاریتم ضریب نفوذ تلفن‌های همراه، می‌توان گفت سطح احتمال لازم برای اثرگذاری را دارا هستند اما از آن‌جا که فاصله اطمینان میانگین پسین برآوردشده برای پارامترهای مربوط به این متغیرها، شامل صفر می‌شود، معنادار نمی‌باشند. سایر متغیرها از معناداری و سطح احتمال لازم برای اثرگذاری، برخوردار نیستند و شکننده تلقی می‌شوند.

بااهمیت‌ترین متغیرها در مدل‌های بهینه

اکنون مدل‌های بهینه بر اساس ترکیبات مختلف متغیرهایی که در روش میانگین‌گیری بیزی احتمال حضور بالایی را یافتند، استخراج می‌شوند. در این روش، الگوریتم‌های انتخاب گام‌به‌گام[1] از قبیل انتخاب رو به جلو[2] و حذف رو به عقب[3] اجرا می‌شود و زمانی که گزینه بهترین زیرمجموعه انتخاب

1. Stepwise
2. Forward Selection
3. Backward Elimination

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

شد، از الگوریتم Leaps-and-Bounds استفاده شده و بهترین زیرمجموعه برای هر تعداد متغیر توضیحی تعیین می‌شود. همچنین برای هر زیرمجموعه، معیارهای اطلاعات شوارتز (BIC[1])، آکاییک (AIC[2])، آکاییک تصحیح‌شده (AICC[3])، ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2ADJ) و معیار Mallows's C_p گزارش می‌گردند (لیندسی و شیتر[4]، ۲۰۱۰). نتایج این تحلیل در جدول (۳) و (۴) ارائه شده‌اند.

جدول ۳. نتایج بااهمیت‌ترین متغیرها در مدل‌های بهینه

تعداد رگرسور	رگرسورهای تشکیل‌دهنده مدل بهینه
۱	لگاریتم سهم خدمات از تولید
۲	لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی
۳	لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید
۴	لگاریتم درآمد سرانه، لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید
۵	لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال
۶	لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد، لگاریتم رشد جمعیت
۷	لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال، لگاریتم نرخ رشد جمعیت، لگاریتم درآمد سرانه
۸	لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال، لگاریتم نرخ رشد جمعیت، لگاریتم درآمد سرانه، لگاریتم سرمایه سرانه نیروی‌کار
۹	لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال، لگاریتم نرخ رشد جمعیت، لگاریتم درآمد سرانه، لگاریتم سرمایه سرانه نیروی‌کار، لگاریتم تعداد ماه‌های گرم سال

ماخذ: یافته‌های پژوهش

1. Bayesian Information Criterion
2. Akaike'sInformation Criterion
3. Akaike's Corrected Information Criterion
4. Lindsey & Sheather

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

جدول ۴. نتایج انتخاب مدل بهینه بر اساس معیارهای اطلاعاتی

معیارهای اطلاعاتی	BIC	AICC	AIC	C	R^2ADJ
مدل بهینه	مدل با ۷ رگرسور	مدل با ۸ رگرسور	مدل با ۸ رگرسور	مدل با ۸ رگرسور	مدل با ۸ رگرسور
مقدار معیار اطلاعاتی	-۴۰۶.۲۱	۱۶۲.۹۷	-۴۳۴.۰۹	۸.۷۵	۰.۵۹۹۶

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از تحلیل الگوهای بهینه نشان‌گر این است که مدل بهینه در بین مدل‌هایی که فقط یک متغیر توضیحی (از بین متغیرهای نیرومند در روش میانگین‌گیری بیزی) دارند، مدلی است که شامل لگاریتم سهم بخش خدمات از تولید است. در بین مدل‌های دارای دو متغیر توضیحی، مدل بهینه مدلی است که شامل لگاریتم تعداد ماه‌های گرم سال و لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی است. مدلی که شامل ۳ متغیر لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی و لگاریتم سهم خدمات از تولید است، بهترین مدل در بین مدل‌های دارای ۳ متغیر توضیحی می‌باشد. به همین صورت برای هر تعداد متغیر توضیحی، مدل بهینه ارائه شده است. همچنین در رابطه با انتخاب بهترین تعداد متغیرهای توضیحی برای مدل، بر اساس کوچکترین مقدار AIC، AICC و Mallows's C_p و بیشترین مقدار R^2ADJ مدلی با ۸ متغیر توضیحی، مدل بهینه است اما انتخاب مدل بر اساس حداقل مقدار BIC مدلی با ۷ رگرسور را پیشنهاد می‌کند.

٦. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

با توجه به این‌که روش‌های متعارف اقتصادسنجی قادر به بررسی اثر طیف وسیعی از متغیرهای توضیحی بر شدت انرژی نیستند، در این مقاله با استفاده از روش میانگین‌گیری بیزی اثر ۲۴ متغیر توضیحی در ۸ گروه اقتصادی، جمعیت‌شناختی، صنعتی، تجاری، حمل‌ونقل، بخش انرژی، اقتصاد دانش‌بنیان و آب‌وهوا، بر شدت انرژی ۳۰ استان ایران طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۴ بررسی شد و با

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

برآورد تمامی الگوهای ممکن (۸۳۸۸۶۰۸ الگو) بر اساس حضور یا عدم حضور هرکدام از متغیرها و سپس میانگین‌گیری از ضرایب، متغیرهای نیرومند اثرگذار بر شدت انرژی شناسایی شدند.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که از میان ۲۴ متغیر توضیحی، ۹ متغیر 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 به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر شدت انرژی در استان‌های ایران شناسایی شدند و سایر متغیرها بر اساس احتمال حضور آن‌ها در الگو، رتبه‌بندی شدند. همچنین مشخص شد که متغیرهای نسبت صادرات به تولید، سرمایه سرانه نیروی‌کار، تعداد ماه‌های سرد سال و نرخ رشد جمعیت به ترتیب با ضرایب ۰/۲۴، ۰/۱۹، ۰/۰۹ و ۰/۰۳ موجب افزایش شدت انرژی می‌شوند. اما متغیرهای درآمد سرانه، سهم بخش خدمات از تولید، سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، قیمت انرژی و تعداد ماه‌های گرم سال به ترتیب با ضرایب ۰/۲۸-، ۰/۳۸-، ۰/۱۶-، ۰/۱۲- و ۰/۱۳- بر شدت انرژی اثر منفی دارند. در رابطه با انتخاب یک مدل بهینه مشتمل بر بهترین زیرمجموعه از متغیرهای نیرومند نیز بر اساس معیارهای اطلاعاتی آکائیک، آکائیک تصحیح‌شده و ضریب تعیین تعدیل‌شده، مدلی شامل ۸ متغیر توضیحی لگاریتم درآمد سرانه، لگاریتم نسبت صادرات به تولید، لگاریتم قیمت انرژی، لگاریتم سهم نفت و فرآورده‌های نفتی از مصرف انرژی، لگاریتم سهم خدمات از تولید، لگاریتم تعداد ماه‌های سرد سال، لگاریتم نرخ رشد جمعیت و لگاریتم سرمایه سرانه نیروی‌کار مدلی بهینه است. با توجه به یافته‌ها، پیشنهادات زیر به منظور بهبود کارایی انرژی و کاهش شدت انرژی در استان‌های ایران ارائه می‌شود:

از آن جا که بر اساس نتایج پژوهش، بین شدت انرژی و درآمد سرانه رابطه منفی وجود دارد بایستی تلاش کرد با تمهیداتی که به افزایش درآمد سرانه جامعه منتهی می‌شود، مصرف‌کنندگان انرژی را تشویق به استفاده بیشتر از تجهیزات نوین با انرژی‌بری کمتر نمود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

با توجه به انرژی‌بری کمتر بخش خدمات در مقایسه با ارزش افزوده بالایی که ایجاد می‌کند، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران سیاست‌های تشویقی بیشتری برای کاربران انرژی این بخش اعمال نمایند.

اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و استفاده از ابزارهای قیمتی از جمله وضع مالیات بر کاربران پرمصرف و پرداخت یارانه به کاربران کم‌مصرف از دیگر اقدامات اثرگذار در راستای کاهش شدت انرژی خواهد بود.

با توجه به رابطه مثبت بین رشد جمعیت و شدت انرژی، توصیه می‌شود اولا با استفاده از ابزارهای متکی بر مکانیزم بازار، شدت مصرف انرژی را کنترل و ثانیا با فرهنگ‌سازی، آموزش‌های لازم در راستای استفاده بهینه از انرژی را به جامعه ارائه نمود و از سوی دیگر با جایگزینی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به جای انرژی‌های فسیلی، ضمن ظرفیت‌سازی در تولید انرژی، آثار منفی زیست‌محیطی ناشی از استفاده از انرژی‌های فسیلی را کاهش داد.

پیشنهاد می‌شود با ایجاد تنوع در ترکیبات کالاهای صادراتی و تغییر الگوی صادرات کشور از طریق تغییر تکنولوژی و فرآیندهای تولید به سمت صادرات کالاهای باانرژی‌بری کمتر حرکت نمود؛ همچون صادرات خدمات که بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر از انرژی‌بری کمتری برخوردارند.

از آنجا که وضعیت آب‌وهوا بر شدت انرژی موثر است می‌توان با تدابیری همچون تدوین مقررات مربوط به رعایت استاندارد مصرف انرژی در ساختمان‌های دولتی و غیر دولتی و تشویق به رعایت آن‌ها، تهیه معیار فنی برای تجهیزات سرمایشی و گرمایشی و ملزم نمودن مصرف‌کنندگان به رعایت این استانداردها بر روند رو به افزایش شدت انرژی موثر واقع شد.

در پایان پیشنهاد می‌شود برای بررسی دقیق‌تر اثر آب‌وهوا بر شدت انرژی در ایران، به دلیل گوناگونی جغرافیای طبیعی در این کشور، در پژوهش‌های آتی، کشور را بر اساس شرایط آب‌وهوایی دسته‌بندی و سپس اثر وضعیت آب‌وهوای مناطق را بر شدت انرژی بررسی نمود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

منابع

اقبالی، علیرضا، گسکری، ریحانه، مرادی، مهدیس و پرهیزی، هادی (۱۳۹۴)، "بررسی شدت انرژی در کشورهای نفتی و غیرنفتی"، *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۱، دوره ۵۰، صفحات ۱-۲۰.

امیرمعینی، مهران (۱۳۹۵)، "تجزیه شاخص شدت انرژی در بخش صنعت: رویکرد شاخص دیویزیا"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، شماره ۵، سال دوم، صفحات ۷-۲۶.

جعفری صمیمی، احمد و محمدی خیاره، محسن (۱۳۹۳)، "رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی: شواهد جدید در ایران"، *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، شماره ۲، سال چهاردهم، صفحات ۱-۲۰

حقیقت، جعفر، انصاری‌لاری، محمدصالح و کیانی، پویان (۱۳۹۳)، "ارزیابی کارایی انرژی در بخش خانگی استان‌های کشور"، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره ۱۳، دوره ۴، صفحات ۶۳-۸۸

درگاهی، حسن و بیابانی خامنه، کاظم (۱۳۹۵)، "نقش عوامل قیمتی، درآمدی و کارایی در شدت انرژی ایران"، *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۲، دوره ۵۱، صفحات ۳۵۵-۳۸۶.

دل‌انگیزان، سهراب، رضائی، الهام و بهاری‌پور، سحر (۱۳۹۵)، "تأثیر ساختار صنعتی بر شدت مصرف انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، شماره ۳، سال دوم، صفحات ۱۳۳-۱۶۸.

راسخی، سعید و سلمانی، پروین (۱۳۹۲)، "رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی در کشورهای منتخب با استفاده از الگوی گشتاور تعمیم‌یافته: کاربردی از تحلیل پنجره‌های پوششی داده‌ها"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، شماره ۶۷، صفحات ۵-۲۴.

سلیمی‌فر، مصطفی، حق‌نژاد، امین و رحیمی، محسن (۱۳۸۹)، "بررسی تاثیر عوامل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران: یک تجزیه و تحلیل مبتنی بر تابع تولید کاب-داگلاس"، *دانش و توسعه*، شماره ۳۴، سال هفدهم.

سیف، اله مراد (۱۳۸۷)، شدت انرژی: "عوامل تاثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۱۸، سال پنجم، صفحات ۱۷۷-۲۰۱.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

سیف، اله مراد و حمیدی رزی، داود (۱۳۹۵)، "بررسی تاثیر شاخص‌های منتخب اقتصاد دانش بنیان بر شدت انرژی استان‌های کشور"، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال پنجم، شماره ۱۷، صفحات ۱۰۱-۱۴۵.

صادقی، سید کمال و سجودی، سکینه (۱۳۹۰)، "مطالعه عوامل موثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران"، *مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۲۹، سال هشتم، صفحات ۱۶۳-۱۸۰.

عبدلی، قهرمان و ایرانشاهی، زینب (۱۳۹۳)، "تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی موثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، شماره ۷۱، سال بیست و دوم، صفحات ۱۰۳-۱۲۴.

فطرس، محمدحسن، صحرایی، راضیه و یاوری، معصومه (۱۳۹۳)، "برآورد تابع تقاضای انرژی بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران، ۱۳۵۷-۱۳۹۲"، *فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان*، شماره ۷، سال دوم، صفحات ۲۳-۴۲.

قاسمی, عبدالرسول، محمدخان‌پور اردبیل، رقیه (۱۳۹۳)، "بررسی تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل"، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۴، شماره ۱۳، صفحات ۱۹۰-۱۶۹.

لطفی، شبنم، فریدزاد، علی و سالم، علی‌اصغر (۱۳۹۷)، "تجزیه شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران: رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۸۵*، سال بیست و ششم، صفحات ۱۵۱-۱۸۷.

محمدی، انسیه (۱۳۹۵)، *اثر نرخ شهرنشینی بر شدت انرژی در ایران*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی.

محمودزاده، محمود و شاه‌بیگی، حامد (۱۳۹۰)، "آثار فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت انرژی در کشورهای درحال‌توسعه"، *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره‌های ۲۳ و ۲۴، صفحات ۶۷-۸۸.

موسوی، سید نعمت اله (۱۳۹۴)، "عوامل تعیین کننده شدت مصرف انرژی و انتشار کربن در بخش کشاورزی"، *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، شماره ۲، صفحات ۱۹۷-۲۱۴.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

مهدوی عادلی، محمد حسین و صالح نیا، نرگس (۱۳۹۱)، *کلیات اقتصاد انرژی*، چاپ اول، تهران: موسسه مطالعات بین المللی انرژی.

ندایی، هاشم (۱۳۹۴)، *بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در اقتصاد ایران: با تاکید بر نقش مخارج دولت*، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد دانشگاه تبریز.

Adom, P. K. (2015), "Asymmetric impacts of the determinants of energy intensity in Nigeria", *Energy Economics*, *49*, 570-580.

Baumann, F. (2008), "Energy Security as multidimensional concept", *Center for Applied Policy Research (C.A.P)*, Research Group on European Affairs, 1, 4-14.

Cole, M. A. (2006). "Does trade liberalization increase national energy use?", *Economics Letters*, *92*(1), 108-112.

Danilov, D., and Magnus, J. R, (2004), "On the harm that ignoring pretesting can cause", *Journal of Econometrics*, *122*(1), 27-46.

Dargahi, H., and Khameneh, K. B. (2019), "Energy intensity determinants in an energy-exporting developing economy: Case of Iran", *Energy*, *168*, 1031-1044.

De Luca, G., and Magnus, J. R, (2011), Bayesian model averaging and weighted average least squares: equivariance, stability, and numerical issues, Stability, and Numerical Issues, The Stata Journal 11(4), 518-544.

Draper, D, (1995), "Assessment and propagation of model uncertainty", *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 45-97.

Fernandez, C., Ley, E., and Steel, M. F, (2001), "Model uncertainty in cross-country growth regressions", *Journal of applied Econometrics*, *16*(5), 563-576.

Hang, L., and Tu, M. (2007). "The impacts of energy prices on energy intensity: evidence from China. *Energy policy*", *35*(5), 2978-2988.

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

Irawan, T., Hartono, D., Hartono, D., and Achsani, N. A, (2010), *An analysis of energy intensity in indonesian manufacturing* (No. 201007), Department of Economics, Padjadjaran University.

Jeffrey, H. S, (1961), *Theory of Probability (Third edition)*, Oxford: Clarendon Press

Jones, D. W, (1991), "How urbanization affects energy-use in developing countries", *Energy Policy*, *19*(7), 621-630.

Kleijweg, A., Huigen, R., van Leeuwen, G., and Zeelenberg, K, (1990), "Firm size and the demand for energy in Dutch manufacturing, 1978–1986", *Small Business Economics*, *2*(3), 171-181.

Kumar, A. (2003), "Energy intensity: a quantitative exploration for Indian manufacturing", IGIDR Working Paper No. 152 , Indira Gandhi Institute of Development Research (IGIDR)– Economics.

Leamer, E. E, (1978), "*Specification searches: Ad hoc inference with nonexperimental data*" (Vol. 53). John Wiley and Sons Incorporated.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

Liu, C. P., and Han, G. Y, (2008, June), "Determinants of aggregate energy intensity with consideration of intra-industry trade", In *Industrial Electronics and Applications, 2008, ICIEA 2008, 3rd IEEE Conference on* (pp. 716-719), IEEE.

Magnus, J. R., Powell, O., and Prüfer, P, (2010), "A comparison of two model averaging techniques with an application to growth empirics", *Journal of Econometrics*, *154*(2), 139-153.

Mrabet, Z., Alsamara, M., Saleh, A. S., and Anwar, S. (2019), "Urbanization and non-renewable energy demand: A comparison of developed and emerging countries. *Energy*", *170*, 832-839.

Papadogonas, T. A., Floutsakos, M. G., and Mylonakis, J, (2005), "Firm size and national environmental policies, evidence from Greece", *International journal of environmental technology and management*, *5*(4), 426-431.

Papadogonas, T., Mylonakis, J., and Georgopoulos, D. (2007), "Energy consumption and firm characteristics in the Hellenic manufacturing sector". *International journal of energy technology and policy*, *5*(1), 89-96.

Raftery, A. E., Hoeting, J. A., Madigan, D., and Volinsky, C. T, (1999), "Bayesian model averaging: a tutorial", *Statistical science*, 382-401.

Sadorsky, P, (2012), "Information communication technology and electricity consumption in emerging economies", *Energy Policy*, *48*, 130-136.

Shahbaz, M., Nasreen, S., Ling, C. H., and Sbia, R. (2014), "Causality between trade openness and energy consumption: What causes what in high, middle and low income countries", *Energy Policy*, *70*, 126-143.

Song, F., and Zheng, X, (2012), "What drives the change in China's energy intensity: combining decomposition analysis and econometric analysis at the provincial level", *Energy policy*, *51*, 445-453.

Wu, Y, (2012), "Energy intensity and its determinants in China's regional economies", *Energy Policy*, *41*, 703-711.

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

Zellner, A, (1986), On assessing prior distributions and Bayesian regression analysis with g-prior distributions" in Bayesian Inference and Decision Techniques (P. Goel and A. Zellner, editors), pp 233-243, Elsevier, Amsterdam

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]