فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق) زمستان ۱۴۰۱ ۱۹(٤) ۹۱-٦٧

فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری

صفحه ی اصلی وب سایت مجله: www.jqe.scu.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۴۲۷۱-۲۷۱۷
شاپا چاپی: ۵۸۵۰-۲۰۰۸

کاربرد مدل غیرخطی فازی برای بررسی عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی در ایران

مجتبی بهمنی *، رضااشرف گنجویی **، منصوره مراد علیزاده**

*دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان،کرمان، ایران. (نویسنده مسئول)
** دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان،کرمان، ایران.
*** کارشناسی ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان،کرمان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۲۸ دی ۱۴۰۰
تاریخ بازنگری: ۷ مرداد ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۲ آذر ۱۴۰۱

طبقه‌بندی JEL: M13, L11, L26, C23

واژگان کلیدی:
رگرسیون غیر خطی فازی، مصرف انرژی، بهره وری انرژی.

ارتباط با نویسنده (گان) مسئول:
ایمیل: mbahmani@uk.ac.ir
0000-0003-0257-5775

آدرس پستی:
کرمان،بزرگراه امام خمینی،میدان پژوهش دانشگاه شهید باهنر کرمان،دانشکده مدیریت و اقتصاد، کدپستی :۷٦۱٦۹۱۳٤۳۹

قدردانی: از تمامی افراد و موسساتی که در انجام این تحقیق مولف را مساعدت نمودند، قدردانی می‌شود.
تضاد منافع: نویسنده مقاله اعلام می‌کند که در انتشار مقاله ارائه شده تضاد منافعی وجود ندارد.
منابع مالی: نویسنده‌ها هیچگونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

چکیده

امروزه بهره‌وری انرژی به یک اولویت اقتصادی و در واقع به یک الزام تبدیل شده و ارتقای بهره‌وری یکی از عوامل مهم تعیین کننده رشد اقتصادی است و کمیابی انرژی بر این اهمیت افزوده است. همچنین بر پایه ملاحظات زیست‌محیطی و توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی، موضوع شناسایی و مطالعه عوامل تاثیرگذار بر مصرف و بهره‌وری انرژی اهمیت بیشتری پیدا کرده است. در مطالعات متعدد با بهره گیری از روش‌های اقتصادسنجی به بررسی عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی پرداخته شده است. این شیوه برآورد نیاز به اطلاعات کامل و قطعی دارد. در حالی که بسیاری از متغیرهای اقتصادی رفتاری نوسانی دارند. همچنین اطلاعات قطعی از عوامل تاثیرگذار بر این متغیرها در دسترس نمی‌باشد. در این مقاله برای بررسی عوامل موثر بر مصرف و بهره‌وری در انرژی در ایران از مدل خود رگرسیونی انتقال ملایم لاجستیک فازی به دلیل انعطاف‌پذیری در مدل‌سازی برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۶۹ استفاده شده است و از نرم افزار متلب برای برآورد توابع عضویت استفاده شده است، نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تاثیر غیر خطی انتشار گازco_2 و قیمت گاز به ترتیب بر بهره‌وری و مصرف انرژی است. براساس این نتایج تاثیرتکنولوژی و ارزش افزوده بخش صنعت بر بهره وری و مصرف انرژی قابل توجه است، به گونه‌ای که در حد آستانه بالا بیشترین تاثیر گذاری را دارد. از سوی دیگر نتایج بیانگر تاثیر تقریباً یکسان متغیرهای مستقل بر مصرف انرژی در هر یک از سه حد آستانه تعیین شده می‌باشد که مربوط به ویژگی مصرف انرژی است. همچنین قیمت حامل‌های انرژی در این آستانه ها بیشترین تاثیر را بر مصرف انرژی دارند.

ارجاع به مقاله:

بهمنی، مجتبی.، اشرف گنجویی، رضا و مراد علیزاده، منصوره. (۱٤۰۲). کاربرد مدل غیرخطی فازی برای بررسی عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی در ایران. *فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)*، ۲۰(۴)، ۶۷-۹۱.

10.22055/jqe.2022.39807.2460

© 2023 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

۱- مقدمه

جهان امروز بیش از هر دوران دیگری در حال بلعیدن انرژی است. تمامی چالش‌های مربوط به آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی، جنگ بر سر منابع، جابه‌جایی‌های گسترده انسان‌ها و بحران‌های اقتصادی کوچک و بزرگ به‌نحوی با مصرف انرژی در جهان در ارتباط هستند. ایران در سال ۲۰۱۵ بعد از کشورهای روسیه، ازبکستان، اوکراین و آفریقای جنوبی دارای بالاترین شدت انرژی در دنیا بوده است (OECD, 2016). **جدول۱** سرانه مصرف نهایی انرژی سال ایران و جهان را نشان می دهد.

جدول۱. سرانه مصرف انرژی
منبع: ترازنانه انرژی

Table1. Per capita energy consumption
Source: Energy Balance

سرانه مصرف نهایی انرژی سال ۲۰۱۸ (تن معادل نفت خام)	ایران	جهان
	۲/۰۷	۱/۱۹

برای بررسی رابطه بین مصرف انرژی و تولید می توان از شاخص ضریب انرژی استفاده کرد که به شکل دقیق بهره‌وری انرژی را بیان می کند. **جدول۲** متوسط ضریب انرژی طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ ایران و جهان را نشان می دهد.

جدول۲. متوسط سرانه مصرف انرژی
منبع: ترازنانه انرژی

Table2. Average Per capita energy consumption
Source: Energy Balance

متوسط ضریب انرژی طی دوره	۱۹۸۰-۹۰	۱۹۹۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۱۰	۲۰۰۸-۲۰۱۸
ایران	۳/۳۱	۱/٦۱	۱/۰۹	۱/۲۷
جهان	۰/٤۹	۰/۳۷	۰/٥٦	۰/٤٦

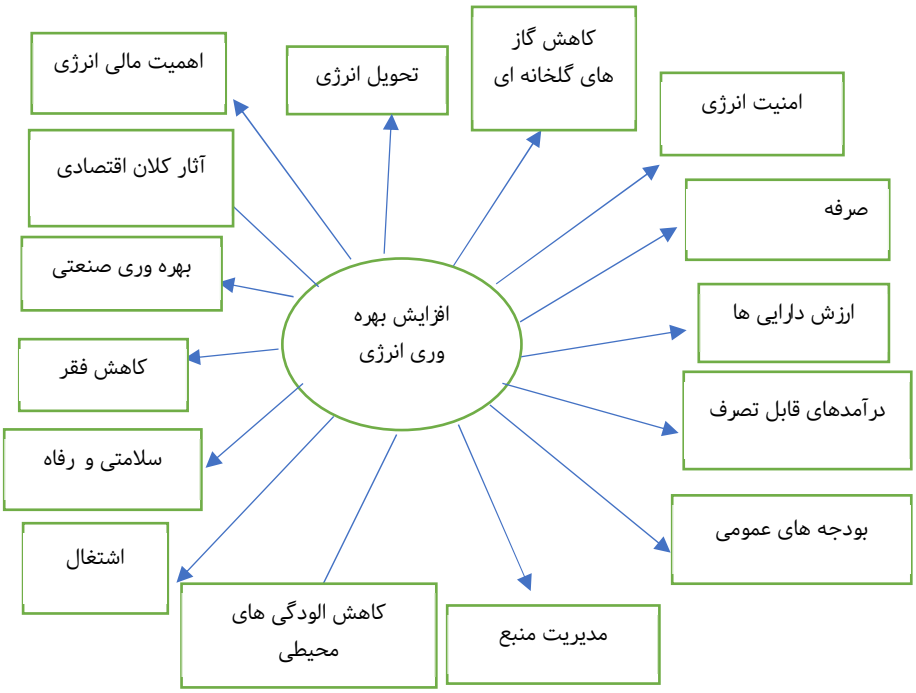
عرضه انرژی اولیه طی سال ۱۳۸٤ تا سال ۱۳۹۰ با رشد سالیانه ٤/٤ درصدی همراه بوده و کل مصرف نهایی انرژی از ۸٤۰/۱ به ۱۰٦۸/٤ میلیون بشکه معادل نفت خام (رشد ۲۷/۱ درصدی) داشته است. این افزایش مصرف انرژی ضرورت اقدامات بهینه سازی در عرضه و تقاضای انرژی را ضروری می سازد. عنصر اصلی مصرف بهینه انرژی افزایش بهره‌وری است لذا میتوان گفت ایران به عنوان یک کشور رو به رشد و برخوردار از منابع انرژی غنی و وجود مخازن بزرگ نفتی، معادن عظیم زیرزمینی و پتانسیل بالقوه انرژی یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی محسوب می شود. از این رو راه کارهای کاهش مصرف انرژی و بهبود بهره وری انرژی در اقتصاد ایران مورد توجه است چرا که تأمین انرژی از مهمترین دغدغه‌های بشر بوده و خواهد بود. بدون شک برنامه‌ریزی مناسب برای تأمین انرژی از اهداف هر جامعه می‌باشد.

رشد بهره وری عمدتا ناشی از پیشرفت فناوری است. همچنین تفاوت قابل توجهی در تغییرات بهره‌وری انرژی در بین گروه‌های درآمدی است. از این رو امروزه بهره‌وری انرژی به یک الویت اقتصادی و در واقع به یک الزام تبدیل شده است و ارتقای بهره‌وری به یکی از عوامل مهم تعیین کننده رشد اقتصادی تبدیل شده است و کمیابی انرژی بر این اهمیت افزوده است. و استفاده کارآ از انرژی موجب بهبود در وضعیت امنیت انرژی، پایداری زیست محیطی و رونق شرایط اقتصادی می‌شود (Behbudi & Asgharpour, 2009). دلیل این امر به نقش محوری انرژی در زندگی مردم و همچنین اهمیت آن به عنوان نهاده کلیدی تولید بر می‌گردد.

همچنین تاثیرات کلان اقتصادی، پیامد های جغرافیایی- سیاسی و نگرانی های زیست محیطی و پایان پذیری انرژی بر کسی پوشیده نیست. از اینرو پس از شوک بزرگ نفتی مصرف بهینه انرژی در اویل دهه ۷۰ مورد توجه برنامه‌ریزان اقتصادی و مصرف کنندگان عمده انرژی قرار گرفته است. افزایش بهره وری انرژی منافع چند گانه ای به همراه دارد که مهمترین آنها کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی است. بسیاری از منافع افزایش بهره وری در **شکل۱** ارایه شده است. امروزه در اقتصاد کلیه کشورها چه توسعه یافته و چه در حال توسعه افزایش بهره وري ومصرف بهينه انرژی به اولويتي ملي تبدیل شده است، بهره وري معياري براي ارزيابي عملكرد نظام ها و تعيين ميزان موفقيت

یا ناکامي در رسيدن به اهداف نظام با توجه به مصرف منابع است. با توجه به رشد مصرف انرژی، توجه به بهینه سازی مصرف انرژی به منظور حفاظت از محیط زیست، تامین امنیت عرضه و صیانت از منابع و ثروتهای ملی و توجه به مسایل بین نسلی به یکی از اولویت های مهم کشور تبدیل شده است.

افزايش بهره وري در سطح ملي موجب بالا رفتن سطح زندگي مردم، کاهش تورم و ايجاد توان رقابت ملي در بازارهاي جهاني مي شود. افزايش بهره وري ملي برآيند افزايش بهره وري در سازمانها، موسسات و بنگاههاي اقتصادي است. لذا با توجه به اهمیت مصرف و بهره وری انرژی در اقتصاد، هدف این پژوهش بررسی عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی است. برای این منظور از مدل رگرسیون فازی، که قدرت توضیح دهندگی فوقالعادهای در این زمینه دارد به بررسی این موضوع پرداخته می شود. مدل های اقتصادسنجی برای تصریح به اطلاعات کامل و قطعی نیاز دارند این در حالی است که مصرف و بهره وری انرژی در حال تغییر و نوسان بوده، بنابراین با توجه به این نوسانات و عدم قطعیت نیازمند الگویی هستیم که این عدم قطعیت را مدل سازی کند. این مقاله در بخش های مختلف این موضوع را مورد تحلیل و بررسی قرار می دهد. ابتدا به تشریح مبانی نظری مربوط به موضوع و مرور برخی از مطالعات و پژوهش هایی که در این حوزه انجام شده، پرداخته خواهد شد. سپس الگوی مورد نظر طراحی و معرفی شده و با استفاده از داده های موجود برآورد خواهد شد. در انتها نیز با توجه به بررسی های آماری، جمع بندی و نتیجه گیری بحث ارائه می گردد.



شکل۱. منافع افزایش بهره‌وری انرژی
مأخذ: گزارش آژانس بین‌المللی انرژی،۲۰۱٦

Figure1. Benefits of increasing energy efficiency
Source: International Energy Agency report, 2016

۲- مبانی نظری

مصرف انرژی در دنیای حاضر فعالیت‌های اقتصادی را تحت تاثیر خود قرار داده است. در طول چهار دهه گذشته، انرژي در كنار ساير نهاده‌ها، جايگاه واقعي خود را يافته و به عنوان يكي از عوامل مهم و تأثيرگذار بر توليد به شمار مي‌رود. تقاضاي حامل‌هاي انرژي از دو جنبه مي‌تواند بيان گردد؛ يكي تقاضاي حامل‌هاي انرژي به عنوان كالاي نهايي توسط مصرف‌كنندگان و ديگري به عنوان نهاده توليد توسط توليدكنندگان، مورد توجه است (Ehsanfar, 2016). علاوه بر مصرف انرژی، بهبود بهره وری آن نیز توجه بیشتر کشورهای جهان را به خود جلب کرده است و سرمایه‌گذاری‌های زیادي را در این زمینه

انجام مي‌دهند. بهبود بهره‌وري به معني استفاده بهينه، مؤثر و كارآمد از تمامي منابع توليد اعم از نيروي كار، سرمايه و انرژي است و در كشور ما كه داراي منابع غني انرژي مي باشد، ارتقاي بهره‌وري انرژي‌هاي پايان‌پذير داراي اهميت ويژه است (Ghanbari, Khaksar Astana, & Khaksar Astana, 2014). از اين‌رو توجه به معيار بهره‌وري انرژي مي‌تواند راهنمايي باشد تا بتوان از طريق آن، مصرف صحيح و كارا از منابع انرژي را با توجه به پايان‌پذيري و آثار سوء زيست محيطي آن بكار گرفت. لذا به دليل محدوديت و كمياب منابع و نيز با توجه به نقش و اهميت گسترده انرژي در رشد و توسعه اقتصادي كشورها، تعيين عوامل تأثيرگذار بر مصرف و بهره وری انرژي از اهميت خاصي برخوردار است که در ادامه به توضیح عوامل تاثیرگذار بر مصرف و بهره وری انرژی پرداخته می‌شود. یکی از عوامل تاثیرگذار بر مصرف و بهره وری انرژی، رشد و توسعه اقتصادی است که از اهداف اصلی سیاست‌گذاران اقتصادی محسوب می‌شود. پژوهش‌های متعدد محققان در سطح جهان نشان داده است که سرعت روند رشد اقتصادی در کشورهای جهان تا حدود زیادی به سطح مصرف کارایی انرژی بستگی دارد. بهبود سطح زندگی مردم و مکانیزه شدن تولید به منظور ارتقای سطح بهره وری کار، افزایش سریع مصرف انرژی را موجب می‌شود (Ahmadi Shadmehri, Falahi, & Niazi Mohseni, 2014). برخی از صاحب نظران اقتصادی مانند استرن و کلولند[1] بیان کرده‌اند که رابطه بین انرژی و تولید کل به وسیله عواملی از قبیل جانشینی بین انرژی و دیگر نهاده‌ها، تغییرات تکنولوژیکی، تغییر ترکیب عوامل انرژی و تغییر ترکیب محصول تولیدی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. عامل تاثیرگذار دیگر قیمت انرژی است که رابطه بین دو متغیر قیمت و بهره وری انرژی از موضوعات مورد علاقه محققان و سیاست‌گذاران بخش انرژی بوده است. در هر بخش اقتصاد در صورتی که قیمت کمتر از قیمت تعادلی باشد با افزایش قیمت در بخش مربوطه این امکان وجود دارد که بهره وری افزایش یابد. پیندایک[2] نیز بیان می‌کند با افزایش هماهنگ قیمت حامل‌های انرژی اگر امکان جانشینی انرژی با سایر عوامل تولید وجود نداشته باشد سطح تولید پایین می‌آید و افزایش قیمت تأثیر قابل توجهی بر شاخص بهره وری مصرف نخواهد داشت. در حالی که اگر جانشینی بین عوامل امکان‌پذیر باشد با

[1] Stern & Cleveland
[2] Pindyck

کاهش مصرف سطح تولید تغییر نکرده و شاخص بهره وری بهبود می‌یابد. متغیر دیگری که بر مصرف و بهره وری انرژی تاثیرگذار است انتشار دی اکسید کربن است. مصرف انرژي در جهان به منظور رشد اقتصادي رو به افزايش است و در نتيجه نشر گازهاي گلخانه‌اي به ويژه CO_2 در اثر مصرف سوخت‌هاي فسيلي روندي فزاينده دارد. مايز و كنت[3]، ارتباط بين مصرف انرژي و تخريب محيط زيست را به اين صورت بيان مي‌كنند كه هرچند پس از انقلاب صنعتی به ويژه در دهه‌هاي اخير با استفاده بيشتر از انرژي، متوسط بهره‌وري عوامل توليد افزايش يافت و ليكن مصرف انرژي از طريق تأثيرات آلوده-كننده خود، باعث تخريب محيطزيست گرديد. بخش صنعت عامل دیگری است که بر مصرف و بهره وری انرژی موثر است. صنعتی شدن یکی از مهمترین عوامل افزایش شدت مصرف انرژی می‌باشد. شدت مصرف انرژی می‌تواند موجب تحریک فعالیت‌های اقتصادی شده و به عنوان نهاده مهم در کنار سایر نهاده‌های تولیدی موجب رشد ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی شود. از سوی دیگر رشد بخش‌ها و فعالیت‌های مختلف به ویژه فعالیت‌های صنعتی نیازمند رشد مصرف انرژی است، لذا برای افزایش سطح رفاه جامعه و تسریع در رشد اقتصادی بایستی انرژی مورد نیاز بخش‌ها و فعالیت‌های مختلف اقتصادی تامین شود (Mohammad zadeh & Ebrahimi, 2014).

۱-۲- عوامل مؤثر بر مصرف و بهره وری انرژی

افزایش تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی چه انرژی تجدید پذیر و چه انرژی تجدید ناپذیر را افزایش می دهد. رشد اقتصادی با افزایش سطح درآمد افراد، مصرف انرژی در بخش خانگی را افزایش می دهد. همچنین رشد تولید ناخالص داخلی می تواند از طریق افزایش سطح تولید محصولات - به ویژه کالاهای صنعتی که انرژی بر هستند - سطح مصرف انرژی را بالا ببرد. به عبارت بهتر همواره انرژی یکی از عوامل مهم در تولید است و میزان مصرف انرژی مانند هر نهاده دیگر به مقیاس فعالیت های اقتصادی در یک کشور بستگی دارد. بنابراین رشد اقتصادی بالا با به وجود آوردن نیازهای جدید فشار فزآیندهای بر مصرف انرژی وارد می کند(Lekse,2018). طبق نظریه عمومی کالاها، رابطه میان قیمت انرژی و مصرف آن، اساساً به مسئله "قیمت – تقاضا" نسبت داده می شود. به

[3] Myer *&* Kent

عبارتی انرژی نیز به عنوان یک کالا قلمداد می شود که افزایش قیمت آن، طبق قانون تقاضا منجر به کاهش تقاضای آن می شود. انرژی یک عامل مهم در تولید است و افزایش قیمت آن می تواند هزینه های تولید را افزایش و تقاضای صنایع برای انرژی را کاهش دهد. در صورت افزایش قیمت انرژی و در پی آن افزایش هزینه های تولید، شرکت های تولیدی برای حفظ سطح تولید قبلی و حاشیه سود خود و همچنین برخورداری از یک مزیت رقابتی نسبت به سایر شرکت ها در تولید خود تکنولوژی های جدیدی را به کار می گیرند که انرژی کمتری مصرف می کنند (Ding,2016).

بهبود بهره وری انرژی منجر به کاهش مصرف انرژی می شود و می توان به همان سطح قبلی تولید دست یافت. اگر قیمت انرژی افزایش پیدا کنید، تولیدکنندگان به سمت استفاده بیشتر از کالاهای سرمایه ای(به طور نسبی ارزان تر) و به احتمال زیاد انرژی اندوز روی خواهند آورد، حتی اگر سطح تولید تغییر نکند. در نتیجه بهره وری مصرف انرژی در سطح تولید بنگاه افزایش می یابد. همچنین تجهیزات پیشرفته تر و انرژی اندوزتر گرچه ممکن است از تجهیزات قدیمی گران تر باشند، اما استفاده از آنها به سبب صرفه جویی در مصرف انرژی ارزشمند، مقرون به صرفه است. بنابراین افزایش بهره وری انرژی اغلب با استفاده بهتر از سرمایه(یا استفاده از تجهیزات با فناوری بالاتر)و افزایش قیمت های نسبی انرژی همراه خواهد بود. تأثیر بهره وری انرژی را به شکلی دیگر نیز می توان نشان داد. با تعریف تابع تولید به شکل زیر:

$$Y = f(E, R)$$

که در آن Y تولید، E انرژی و R نشان دهنده فرض ثابت بودن دیگر عوامل تولید است، افزایش بهره وری انرژی می تواند به سطح بالاتر تولید(نسبت به قبل) با همان اندازه مصرف انرژی منجر شود(Hogan & Manne,1977).

بهره وری یکی ازعوامل تولید بیشتر از دیگری شود، اما قیمت آن ثابت بماند، خرید بیشتر از آن نفع بیشتری خواهد داشت که البته خرید بیشتر باعث کاهش بهره وری نهایی آن تا زمانی خواهد شد که نسبت به قیمت خود دارای منافع یکسانی باشد. بنابراین نسبت تولید نهایی به قیمت های نسیبی حساس خواهد بود. به عبارت دیگر، در تعادل اقتصادی، نهاده ها تا زمانی استفاده می شوند که ارزش نهایی تولید آنها برابر با قیمت نسبی آنها

شود. قیمت انرژی تأثیر معنی دار منفی بر تقاضای انرژی و عملکرد اقتصاد کلان دارد. افزایش قیمت انرژی، رشد تولید و تقاضای انرژی را کاهش می دهد، اما کاهش قیمت یک اثر برابر و هم اندازه در جهت مخالف آن را ندارد(تأثیر نامتقارن)و علت آن به بهره وری مصرف انرژی تجهیزات سرمایه ای مرتبط است. هنگامی که قیمت انرژی افزایش می یابد، دارندگان سرمایه های انرژی بر، برای افزایش بهره وری انرژی، انگیزهای بیشتری می یابند و این کار می توانید با ارتقاء سرمایه های موجود یا جایگزینی آنها صورت گیرد، در هر صورت این اقدامات نیازمند سرمایه گذاری است. در کوتاه مدت هنگامی که قیمت انرژی افزایش می یابد، هزینه های استفاده از سرمایه نیز افزایش می یابد، زیرا سرمایه و فناوری ثابت هستند. بنابراین مصرف کننده انرژی، با کاهش مصرف انرژی(تا جای ممکن) ، تولید خود را بهینه می کند. به خاطر اینکه سرمایه و تکنولوژی در کوتاه مدت ثابت هستند، کاهش مصرف انرژی با کاهش نرخ استفاده از سرمایه، امکان پذیر شده و در نتیجه کاهش فعالیت اقتصادی را به دنبال خواهد داشت .در بلندمدت با وجود امکان تغییر سرمایه و فناوری، هنوز هم کاهش تقاضای انرژی اتفاق می افتد اما با تغییر فناوری و سرمایه، سرمایه قدیمی با سرمایه جدید و فناوری های انرژی اندوز جایگزین می شود. در بازارهای رقابتی، قیمت های نسبی انرژی، سرمایه و نیروی کار، تعیین کننده فناوری انتخابی هستند. قیمت های بیشتر انرژی، فناوری های انرژی اندوز با سهم بالای سرمایه و نیروی کار را تحمیل می کنند و در مقابل قیمت های پایین انرژی، استفاده از فناوری با سهم بیشتر نهاده انرژی و سهم کمتر سرمایه و نیروی کار را به دنبال خواهد داشت . با این وجود تغییرات واقعی بستگی به جانشینی انرژی با دیگر نهاده های تولیدی و سهم مطلق آن در تولید دارد (Saunders،2011). همان طورکه بیان شد، انرژی علاوه بر تأمین نیازهای مصرفی خانوارها، به عنوان یک نهاده مهم تولید نیز مطرح است و قیمت آن، نه تنها بر میزان تقاضا ی انرژی بلکه بر تصمیم گیری کارگزاران اقتصادی نسبت به سرمایه گذاری در فناوری های انرژی اندوز و هزینه تولید محصول نیز تأثیر می گذارد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که با افزایش قیمت انرژی، کارگزاران اقتصادی به سمت سرمایه گذاری در فناوری های انرژی اندوز(که منجر به افزایش بهره وری انرژی می شود)سوق پیدا می کنند. یر اساس مطالعات انجام شده از میان تمام عوامل مؤثر بر

بهره وری انرژی در سطح بخشهای اقتصادی، می توان به 4 عامل به عنوان مهمترین عوامل اشاره کرد؛

1-سرمایه گذاری مستقیم خارجی، که اغلب نمادی از بهبود تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه و به بیانی سرریز تکنولوژی از کشورهای توسعه یافته است، 2 - قیمت انرژی، به عنوان هزینه استفاده از انرژی و دلیل یا انگیزهای متداول در صرفه جویی انرژی است. ۳- نسبت موجودی سرمایه به اشتغال، که نشان دهنده ساختار تولید و به بیانی اهمیت نسبی سرمایه (انرژی بر) به کار(با نیاز غیرمستقیم به انرژی) را مشخص می کند . ۴- ارزش افزوده بخشی، که هم مقیاس تولید و هم میزان نیاز به مصرف انرژی را نشان می دهد. در ادامه چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بررسی می شود. استفاده از نهاده سرمایه در تمام فرآیندهای تولیدی، مستلزم استفاده از انرژی است و می توان گفت که به نوعی در کنار نهاده سرمایه و به عنوان مکمل آن استفاده می شود. در نتیجه استفاده کمتر و کاراتر از نهاده انرژی منوط به بهبود ابزارها و تجهیزات تولیدی (سرمایه مورد استفاده) بخشهای تولیدی است. در واقع زمانی از انرژی کاراتر می توان استفاده نمود که سایر عوامل تولید به ویژه انرژی این امکان را فراهم نمایند، به بیان دیگر بهبود بهره وری انرژی نیازمند بهتر شدن نهاده سرمایه و یکی از راه های مهم و سریع آن، دستیابی به تجهیزات کاراتر است که می تواند از طریق واردات (سرمایه گذاری مستقیم خارجی) و یا با تحقیق و توسعه و تولید تجهیزات پیشرفته تر در داخل میسر شود. تلقی سرمایه گذاری خارجی به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر بهره وری انرژی را در مطالعات فراوانی می توان یافت. چون انباشت سرمایه (و نه سرمایهگذاری) بر تولید تأثیر می گذارد (انباشت سرمایه یک نهاده با دوام با تأثیرگذاری در طی زمان و سرمایه گذاری تنها بخش کوچکی از آن است) بنابراین به جای سرمایه گذاری مستقیم خارجی، از انباشت سرمایه مستقیم خارجی بخشی به عنوان عامل مؤثر بر بهره وری انرژی استفاده می شود (Elliott et al،2013).

۳- مطالعات تجربی

با توجه به ضرورت تعیین عوامل تاثیرگذار بر مصرف و بهره وری انرژی مطالعات داخلی و خارجی گستردهای در این زمینه در دههای اخیر صورت گرفته است. از مطالعات انجام شده می‌توان به تحقیقات (Otsuka, 2018)، (Wang, Li, Fang, & Zhou, 2016)،

Rezitis) ،(Lin & Moubarak, 2014) ،(Cohen, Glachant, & Söderberg, 2015) Hatzigeorgiou, Polatidis, & Haralambopoulos,) ،(& Ahammad, 2015 Belke, Dobnik,) ،(Ozturk & Acaravci, 2011) ،(Zhixin & Xin, 2011) ،2011) ،(Yalta, 2011) ،(Jacques Loesse, 2010) ،(Ghosh, 2010) ،(& Dreger, 2011 Apergis & Payne, 2010; Apergis, Payne, Menyah, & Wolde-Rufael,) ،2010) ،(Jacques Loesse, 2010) ،(Lee & Lee, 2010) ،(Liddle & Lung, 2010) ،(Mohammad zadeh & Ebrahimi, 2014) ،(Sinha, 2009) ،(Karanfil, 2009) Hoshmand, Daneshnia, Sotudeh, &) ،(Ali Asadi & Esmaeili, 2013) ،(Ebrahimi & Alemorad-jabdarghi, 2012) ،(Ghezelbash, 2013 Ghaderi Moghadam,) ،(Abrishami, Nouri, & Doudabinezhad, 2010) Delnajian,) ،(Abdoli & Varahrami, 2010) ،(Baseri, Falihi, & Abbasi, 2022 ،(Ahmadi Shadmehri et al., 2014) ،(Soheili, & Beharipour, 2015 Savari, Fatrus, Haji, &) و (Rahimy, Faraji Dizaji, & Assari Arani, 2022) Najafizadeh, 2020) اشاره نمود. از دیگر مطالعات انجام گرفته می توان به موارد زیر نیز اشاره کرد.

۱-۳- مطالعات خارجی

اوزار (۲۰۲۰)، در مطالعه ای به بررسی ارتباط بین رشد اقتصادی، انتشار CO2 و مصرف انرژی طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۵ پرداخته است. یافته‌های این مطالعه نشان می دهد که رشد اقتصادی در بلندمدت بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، انتشار CO2 یک عامل مثبت و مهم در مصرف انرژی تجدید پذیر است. با این حال، رشد اقتصادی بر انرژی های تجدیدپذیر تأثیر منفی می گذارد. در این زمینه، کیفیت سازمانی یک انتخاب استراتژیک کلیدی در ترویج استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و حل مشکلات زیست محیطی است (Uzar, 2020).

اولوچ و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی عوامل موثر بر مصرف انرژی در جنوب صحرای آفریقا با استفاده از مدل پانل تأخیری خودرگرسیون برداری و داده‌های سالانه از ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ پرداخته اند. یافته‌های اصلی نشان می دهد که تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی

تاثیر مثبت و معنی‌دار دارد. این مطالعه پتانسیل مدیریت موثر و اجرای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را در ارتقای شاخص‌های اجتماعی مانند شاخص‌های آموزشی، در عین بهبود اقتصاد و کاهش انتشار CO2 برجسته می‌کند (Oluoch, Lal, & Susaeta, 2021).

اوگونسولا و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی عوامل تعیین کننده مصرف انرژی در کشورهای صادرکننده نفت آفریقای بین سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۱۸ پرداخته اند. در این مطالعه از رویکردهای مدل‌سازی تأخیر توزیع‌شده خودرگرسیون مقطعی (CS-ARDL) و تأخیر توزیع‌شده مقطعی (CS-DL) استفاده شده است. نتایج نشان داد که درآمد سرانه تأثیر معنی‌داری بر مصرف انرژی در کشورهای صادرکننده در دوره مورد مطالعه نداشته است، در حالی که باز بودن تجارت تأثیر مثبت و معناداری بر آن داشته است. و ساختار اقتصادی، تأثیر منفی و معناداری بر مصرف انرژی داشته است (Ogunsola & Tipoy, 2022).

نیویس و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی تاثیر افزایش بهره وری انرژی صنعتی پرداخته اند. برای این منظور چهار مدل لجستیک برای درک اینکه چگونه هزینه ها و تولید بر بهره وری انرژی در فناوری های مقطعی تأثیر می گذارند، طراحی شد. به این ترتیب، ایجاد انگیزه در صنایع برای اجرای اقداماتی در جهت کاهش مصرف برق، ارائه تحلیل هزینه - فایده اقتصادی و بهینه سازی فرآیندهای صنعت به‌گونه‌ای که کاهش مصرف برق بر بازده انرژی صنعتی افزوده شود، از اهداف این مطالعه بود. نتایج این مطالعه از طریق شاخص های تعدیل شده نشان می دهد که مدیریت ارشد عمدتاً مسئول صرفه جویی در انرژی است. علاوه بر این، برنامه ریزی و کنترل تعمیر و نگهداری برای اطمینان از کاهش مصرف انرژی فناوری های مقطعی ضروری است (Neves et al., 2022).

فانگ و همکاران (۲۰۲۲)، در مطالعه ای به بررسی بهره وری کل انرژی حرارتی چین در صنعت برق پرداخته اند. که با مقایسه تفاوت‌های منطقه‌ای ۳۰ استان در سرزمین اصلی از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷، این مطالعه از مدل تابع فاصله جهت دار DDF برای ارزیابی جامع بهره وری انرژی تولید برق حرارتی استفاده می‌کند. نتایج نشان می دهد که دولت و مدیران صنعت برق باید به طور کامل تفاوت‌های منطقه‌ای در زمینه تولید برق حرارتی را در هنگام تدوین سیاست‌هایی در نظر بگیرند تا بهره وری انرژی را بهبود بخشند و توسعه

سبز صنعت برق در چین را ترویج دهند. علاوه بر این، سهم بازار و رقابت صنعت برق محلی را می توان بر اساس شرایط مختلف منابع هر منطقه افزایش داد (Feng, Lu, Lin, Yang, & Lin, 2022).

لوپوز و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی رتبه‌بندی عوامل موثر بر سرمایه گذاری به منظور افزایش بهره وری انرژی درصنعت هتل داری اسپانیا پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که بهره وری انرژی نه تنها تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، مباحث زیست محیطی و نوع هتل و همچنین سایر ویژگی های سیستم تهویه مطبوع مانند قابلیت اطمینان نام تجاری، قیمت و عملکرد. صنعت هتلداری است، بلکه طراحی سیاست بهره وری انرژی مناسب مستلزم در نظر گرفتن پاسخ‌های بالقوه توسط عوامل مختلف است (López-Bernabé, Foudi, Linares, & Galarraga, 2021).

سینویسن و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای به بررسی عوامل تعیین‌کننده بهره وری انرژی و مصرف انرژی برای ۱۱ کشور اروپای شرقی طی سال‌های ۱۹۹۶- ۲۰۱۳ با استفاده از روش پانل پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که رشد تولید ناخالص داخلی و صادرات تکنولوژی اثر مستقیم و ارزش افزوده بخش صنعت و انتشار CO2 سرانه اثر معکوس بر بهره وری انرژی و مصرف انرژی دارند. همچنین عامل قیمت نقش مهمی در تغییر مصرف انرژی و افزایش بهره وری انرژی بازی نمی کند (Sineviciene, Sotnyk, & Kubatko, 2017).

کاکر و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای به بررسی رابطه توسعه مالی و مصرف انرژی در پاکستان طی دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۰۸ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد توسعه مالی در بلندمدت مصرف انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهد اما تأثیرگذاری آن در کوتاه‌مدت ناچیز است (Kakar, Khilji, & Khan, 2011).

سادروسکی (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای اثر توسعه بازارهای مالی بر رشد مصرف انرژی در اقتصادهای نوظهور را با استفاده از داده‌های ترکیبی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۰۸ و روش گشتاورهای تعمیم یافته بررسی کرده‌اند. نتایج نشان‌دهنده ارتباط مثبت و معنادار اثر توسعه بازار مالی بر رشد مصرف انرژی بود (Sadorsky, 2010).

کروننبرگ (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییرات دموگرافیکی بر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور آلمان پردخته است. نتایج بردارهای تقاضای نهایی در یک مدل داده- ستانده (I-O) زیست محیطی بدست آمده است. نتایج مدل نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۳۰ تغیررات دموگرافیک، سهم متان در مجموعه گازهای گلخانه‌ای را افزایش می‌دهد ولی مصرف انرژی در کشور آلمان کاهش می‌یابد (Kronenberg, 2009).

آنگ (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه علی پویا بین انتشار گاز دي اکسیدکربن، مصرف انرژي و تولید در کشور فرانسه طی سال‌هاي ۱۹۶۰-۲۰۰۰ پرداخته است. نتایج مطالعه نشان داد که رشد اقتصادي علیت بلندمدت مصرف انرژي و آلودگی محیط زیست بوده و یک رابطه علی یک طرفه از سوي مصرف انرژي به رشد تولید در کوتاه مدت برقرار است (Ang, 2007).

میتکا و مولدر (۲۰۰۳) در مقاله‌ای بهره وری انرژی را در ۵۶ کشور توسعه‌یافته و در حال توسعه در فعالیت‌های صنعتی بررسی کرده‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که قیمت‌های انرژی نقش محدودی در رشد بهره وری انرژی داشته و تغییر تکنولوژی به عنوان یک عامل مهم در رشد بهره وری انرژی محسوب می شود (Miketa & Mulder, 2003).

آدنی کینجو و الومویاوا (۱۹۹۹) رابطه بین مصرف انرژی و بهبود بهره وری در بخش صنایع کارخانه‌ای نیجریه طی سال-های ۱۹۷۰-۱۹۹۰ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که در مورد بسیاری از کشورها حفظ ذخیره انرزی، تغییرات در ساختار صنعت و ترکیب سوخت مصرفی صنایع موجب افزایش بهره وری در صنایع کارخانه‌ای شده است (Adenikinju & Alaba, 1999).

۲-۳- مطالعات داخلی

اکبرنیا و همکاران (۱۴۰۱) با مروری سیستماتیک بر چژوهش‌های گذشته عناصر تاثیگذار بر مصرف خانگی را در ایران بررسی گرده اند. نتایج نشان می دهد در سطح حاکمیت)نظام آموزشی و رسانه، سیاستهای انرژی و قانونگذاری، مدیریت اجرایی دولت و نهادهای مرتبط با انرژی)، مدیریت تولید، توزیع و مصرف انرژی، توسعۀ فناوری، و استاندارد شهرسازی و معماری(، در سطح اجتماع)عوامل اجتماعی و فرهنگی، آگاهی عمومی و عوامل میانفردی(و در سطح خانوار)ویژگیهای جمعیت شناختی خانوار، سبک زندگی و پایگاه اجتماعی

اقتصادی(بر مصرف - انرژی خانگی تأثیرگذار هستند (Akbarnia, Salehi, Firozjayan, & Heidari, 2022).

شهریار زورکی و مقدسی سدهی (۱۴۰۰) تاثیر مصرف انرژی بر آلایندگی زیست محیطی در ایران را با تاکید بر مصرف انرژی برق و غیر برق با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه های توزیعی طی دوره زمانی ۱۳۹۶- ۱۳۵۰ بررسی کرده اند. نتایج بیانگر آن است که میزان انتشار دی اکسیدکربن و مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد و در بخش های سه گانه مورد بررسی روند افزایشی داشته است. امیرنوید سلیمانی و حمیدرضا غفارزاده (۱۴۰۰) ویژگیهای اقتصادی خانوار بر میزان مصرف انرژی) مطالعه موردی، خانوارهای ساکن در شهر یزد(را بررسی کرده اند. نتایج نشان داد که بین تحصیلات، درآمد، شغل و نوع منزل و مصرف انرژی رابطه معنی وجود دارد و در مجموع وضعیت اقتصادی خانواده تاثیر زیادی بر میزان مصرف انرژی خانوار دارد (zaroki & moghadasi sedehi, 2021).

وفایی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه ای به بررسی اثر عمق مالی بر مصرف انرژی از کانال رشد اقتصادی با استفاده از الگوی گشتاورهای تعمیم یافته سری زمانی در بازه زمانی۱۳۵۷- ۱۳۹۹پرداخته اند. نتایج نشان می دهدکه عمق مالی از کانال رشد اقتصادی، مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می دهد. متغیرهای عمق مالی و تولید ناخالص داخلی اثر مثبت بر مصرف انرژی دارند. همچنین قیمت حامل های انرژی اثر منفی بر مصرف انرژی دارد. بر اساس نتایج تحقیق، یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی و قیمت انرژی به ترتیب منجر به تغییر۱/۴۲ و ۰/۱۰ درصدی در مصرف انرژی می شود (Vafaei, Pendar, & Masumzadeh, 2021).

عربشاهی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی سنجش بهره وری مصرف انرژی در صنایع انرژی بر کشور طی سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ پرداخته اند. نتایج آزمون گاما نشان می دهد بهترین ترکیب متغیرهای اثرگذار بر بهره وری انرژی صنایع شامل متغیرهای محیطی تکنولوژی، حکمرانی خوب، اندازه دولت، آزاد سازی تجاری و قیمت واقعی انرژی و همچنین متغیرها ی خرد شامل ساختار فنی تولید، قیمت سرمایه و مصرف انرژی می باشد. بر اساس روش تحلیل پوششی داد ه ها، میانگین بهره وری کل صنایع انرژی بر در

دوره مورد بررسی حدود ۶۸ درصد و صنعت مواد غذایی و آشامیدنی نسبت به سایر صنایع از بهره وری بالاتری برخوردار بوده است (Arabshahi Delouee, Falahi, & Salehnia, 2020).

انوشه پور و همکاران (۱۴۰۰)، رابطه مصرف انرژی و بهره وری کل عوامل تولید کشاورزی را با استفاده از روش رگرسیون چندک مبتنی بر داده های سری زمانی سال های ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار داده اند. نتایج بدست آمده از برآورد الگو نشان می دهد که مصرف انرژی و نرخ تورم با یک دوره وقفه در چندک های۰/۲۵ و۰/۵ دارای اثر منفی و معناداری بر بهره وری کل عوامل تولید می باشند، در حالی که اثر متغیرهای نرخ ارز، سرمایه گذاری خارجی و بهره وری (با یک دوره وقفه) مثبت و معنادار برآورد گردید (Anooshehpour, Moghaddasi, MohammadiNejad, & Yazdani, 2020).

کفایی و همکاران (۱۳۹۶)، با استفاده از داده های بخشی سال های ۱۳۹۱-۱۳۷۳عوامل مؤثر بر بهره وری انرژی بخشي در اقتصاد ایران به روش دادههای تابلویی مورد شناسایی قرار گرفت. یافته ها حاکی از آن است که موجودی سرمایه مستقیم خارجی و قیمت نسبی انرژی، تأثیر مثبت و ارزش افزوده و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار بخشی، تأثیر منفی بر بهره وری انرژی بخشی دارند (Kafaie & Nejadaghaeianvash, 2017).

اسدی و همکاران (۱۳۹۷)، به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ایران طی دوره زمانی۱۹۷۰- ۲۰۱۶ به کمک مدل های خودرگرسیو با وقفه های توزیعی (ARDL) پرداخته اند. نتایج برآورد مدل، بیانگر تأثیر مثبت شاخص توسعه مالی، رشد اقتصادی و شهرنشینی و تأثیر منفی قیمت نفت در بلندمدت بر مصرف انرژی است. همچنین، در کوتاه -مدت شاهد رابطه علیت از سمت توسعه مالی به مصرف انرژی است (Ali Asadi, Esmaili, Bakhshour, & Sadeghpour, 2018).

محمدزاده و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه ای رابطه میان مصرف انرژی و توسعه مالی در ایران را طی دوره زمانی۱۳۵۰-۱۳۸۷ با استفاده از الگوی خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی بررسی کرده اند. نتایج حاکی از تاثیر مثبت توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی سرانه و

جمعیت شهرنشین بر مصرف انرژی در دوره مورد بررسی است (Mohammad zadeh & Ebrahimi, 2014).

بنی اسدی و محسنی (۱۳۹۳) در تحقیقی به بررسی اثر شوک های دائمی و موقت بهره وری بر شدت مصرف انرژی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۳-۱۳۸۹ پرداخته اند. نتایج تخمین مدل نشان می دهد که شوک‌های موقتی بهره وری، مهمترین منبع تغییرات در شدت مصرف انرژی در کوتاه‌مدت هستند. همچنین شوک‌های دائمی بهره وری منجر به کاهش شدت مصرف انرژی در بلندمدت می‌شوند (Baniasadi & Mohseni, 2014).

قنبری و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله ای عوامل موثر بر بهره وری انرژی در بخش کشاورزی ایران را طی دوره زمانی دوره زمانی ۱۳۵۶-۱۳۸۶ با استفاده از الگوی خود بازگشتی با وقفه های توزیعی بررسی کرده اند. نتایج نشان می دهد که متوسط سرمایه به ازای هر واحد انرژی مصرفی، دستمزد واقعی نیروی کار، متوسط نیروی کار به ازای هر واحد انرژی، قیمت واقعی فرآورده ای نفتی و نسبت برق از کل مصرف انرژی تاثیر مثبت بر بهره وری انرژی داشته اند (Ghanbari et al., 2014).

شادمهری و همکاران (۱۳۹۲) عوامل موثر بر بهره وری انرژی در بخش کشاورزی ایران را در دوره زمانی ۱۳۵۳-۱۳۸۱ بررسی کرده اند. نتایج حاکی از آن است که متغیرهای نیروی کار به ازای هر واحد انرژی، موجودی سرمایه ماشین آلات به ازای هر واحد انرژی و روند زمانی تاثیر مثبت بر بهره وری انرژی بخش کشاورزی داشته اند (Ahmadi Shadmehri et al., 2014).

امینی و یزدی پور (۱۳۸۷) در مقاله ای به بررسی عوامل کمی موثر بر بهره وری انرژی در کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران طی دوره ۱۳۷۳-۱۳۸۱ پرداخته اند. نتایج برآورد مدل ها نشان می دهد که متوسط سرمایه به ازای هر واحد انرژی مصرفی و هزینه واقعی استفاده از سرمایه بیشترین تاثیر را در بهره وری انرژی داشته اند (Amini & Yazdipoor, 2008).

جلال-آبادی و رخشان (۱۳۸۴) در مطالعه ای به تحلیل مصرف حامل‌های انرژی در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری طی دوره زمانی ۱۳۴۶-۱۳۸۰ پرداخته اند. نتایج

حاصل نشان می دهد مصرف حامل های انرژی در ایران چندان متاثر از تغییر در قیمت آن‌ها نبوده و یا تاثیرپذیری آن ها با گذشت زمان طولانی صورت می گیرد (Jalalabadi & Rakhshan, 2005).

۴- روش تحقیق و تصریح مدل

بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه با استفاده از مدل‌هاي خطي صورت گرفته است. از آنجايي که مدل خطي نمي-توانند تغييرات تدريجي متغيرها را در وضعيت هاي مختلف اقتصادي بيان نمايد)به عبارت ديگر براي بررسي اثر تغيرات ساختار مجبور به وارد کردن متغير موهومي مي باشد، که اين مشکل در روشهاي غيرخطي فازی مرتفع شده است؛ به اين صورت که اثر اين تغيرات به صورت درونزا در مدل بررسي مي‌شود، مدلسازي روابط بين متغيرهای اقتصادي به صورت غيرخطي مورد توجه بسياري از اقتصاددانان قرار گرفته است؛ در اين راستا، مطالعه حاضر نيز از الگوي رگرسيون انتقال ملايم لاجستيک با رويکرد فازی براي تخمين عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی در ايران کمک گرفته است.

۴-۱- مدل اتورگرسیو انتقال ملایم (*STAR*)

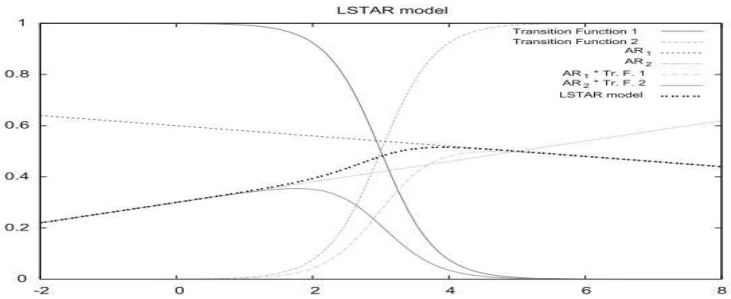
یکی از ویژگی های کلیدی مدل های اتورگرسیو آستانه ای، ماهیت ناپیوسته ارتباط اتورگرسیو است. با توجه به اینکه ماهیت به طور کلی پیوسته است، در سال ۱۹۹٤ یک مدل جایگزین به نام اتورگرسیو انتقال ملایم (STAR) توسط تراسویرتا پیشنهاد شد، در مدل های اتورگرسیو انتقال ملایم تابع انتقال ملایم به صورت یک جهش ناگهانی انتقال نمی یابد بلکه به صورت پیوسته از یک اتورگرسیو خطی به دیگری انتقال می یابد، مدل اتورگرسیو انتقال ملایم برای $k + 1$ به صورت زیر تعریف شده است.

$$y_t = b_0' x_t + \sum_{i=1}^{k} b_i' x_t f_i(s_t; \emptyset_i) + \varepsilon_t \quad (۱)$$

تابع انتقالی $f_i(s_t; \emptyset_i)$ یک تابع پیوسته است که بین ۰ و ۱ محدود می‌شود. که در زمان t اتفاق می‌افتد، که توسط متغیر قابل مشاهده s_t و مقدار وابسته $f_i(s_t; \emptyset_i)$ تعیین می-شود. انتخاب‌های مختلف برای تابع انتقالی موجب انواع مختلفی از رفتار تبادلی می شود. یک انتخاب مناسب برای $f_i(s_t; \emptyset_i)$ تابع لجستیک است:

$$f_i(s_t;\emptyset_i,\gamma) = (1 + exp\,(\gamma(s_t - c)))^{-1} \quad (۲)$$

و مدل حاصل آن اتورگرسیو انتقال ملایم لجستیک (LSTAR) نامیده می شود.



شکل۲. نمونه ای از مدل STAR با استفاده از تابع انتقال لجستیک

مأخذ: نتایج پژوهش

Figure2. An example of the STAR model using the logistic transfer function

Source: Research results

در مدل اتورگرسیو انتقال ملایم لجستیک، تابع انتقال f_i (s_t;∅_i) به صورت زیر تعریف می کنیم:

(۳)

$$f_i(s_t;\gamma_i,c_i) = \begin{cases} 1 - f_i(s_t;\gamma_i,c_i) & if\ i = 1 \\ f_i(s_t;\gamma_i,c_i) - f_i(s_t;\gamma_{i+1},c_{i+1}) & if\ 1 < i < k \\ f_i(s_t;\gamma_i,c_i) & if\ i = k \end{cases}$$

در اینجا $f_i(s_t;\emptyset_i)$ در رابطه (۶) تعریف شده است. مدل اتورگرسیو انتقال ملایم لجستیک می‌تواند (و معمولا) به صورت زیر بازنویسی شود.

$$y_t = \sum_{i=2}^{k} b_i' x_t\, F(s_t;\gamma_i,\emptyset_i) + \varepsilon_t \quad (۴)$$

شکل۲ نشانگر گرافیکی یک مدل اتورگرسیو انتقال ملایم و دو تابع انتقالی همراه با مدل‌های خطی و توابع انتقالی مرتبط با آنها را نشان می‌دهد. هر یک از پارامترهای c_i در فرمول (۲) می‌تواند به عنوان حد آستانه بین دو طرز کار تفسیر شود، به این معنا که تابع لجستیک به طور یکنواخت از ۰ به ۱ افزایش می‌یابد و۰/۵ =$F(c_i;\gamma_i,c_i)$ خواهد بود. پارامتر γ_i انتقال از یک آستانه به آستانه دیگری را تعیین می‌کند. از آنجایی که γ_i بسیار بزرگ می-شود، تابع لجستیک به تابع نشانگر I(۰) نزدیک می‌شود و از این رو تغییر $F(s_i;\gamma_i,c_i)$ از

۰ به ۱ در $s_t \rightarrow c$ آنی می‌شود. در نتیجه، مدل‌های اتورگرسیو انتقال ملایملجستیک را به عنوان یک مورد خاص قرار می‌دهد. علاوه بر این، وقتی$\gamma_i \rightarrow 0$ میل می‌کند مدل LSTAR به یک مدل AR خطی کاهش می‌یابد. در مدل اتورگرسیو انتقال ملایم لجستیک، تبادل-های طرز کار با مقادیر کوچک و بزرگ متغیر انتقالی s_t نسبت به c همراه هستند. در عملکرد های خاص، ممکن است بیشتر مناسب باشد که تابع انتقالی را مشخص کنید به طوری که طرز کارها با مقادیر مطلق کوچک و بزرگ s_t (دوباره نسبت به c) مرتبط هستند. این را می‌توان با استفاده از تابع نمائی بدست آورد که در این صورت مدل ممکن است به صورت اتورگرسیو انتقال ملایم نمایی[4] ESTAR نامیده شود.

۲-۴- روابط با مدل های مبتنی بر قاعده فازی

ارتباطات موجود بین یک مدل اتورگرسیو و یک قاعده فازی که در چارچوب سری زمانی مورد استفاده قرار می گیرد، مورد بررسی قرار گرفته شد. همچنین مدل های اتورگرسیو انتقال ملایم را می‌توان به عنوان یک مورد خاص از مدل مبتنی بر قاعده فازی مشاهده کرد. برای وضوح، ابتدا فرض کنیم که این مدل بیانگر مدل مبتنی بر قاعده فازی FRBM در اینجا است. در هنگام برخورد با مسائل سری زمانی (و در کل، هنگام برخورد با هر گونه مسئله دقت مهم‌تر از تفسیرپذیری است)، الگوی تاکاگي-سوگنو-کانگ (TSK) نسبت به سایر انواع ها ترجیح داده می‌شود. قانون فازی نوع TSK به صورت زیر است:

$$IF x_1 \ IS \ A_1 \ AND \ x_2 \ IS \ A_2 \ AND,\ldots\ldots,AND \ x_P \ IS \ A_P$$
$$THEN \ y = b'x_t = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_px_p \qquad (۵)$$

در اینجا xi متغیرهای ورودی هستند و Aj مجموعه‌های فازی برای متغیرهای ورودی هستند. با توجه به مکانیزم استدلال فازی برای قواعد TSK، مقادیر متغیرها به صورت زیر به دست می آید(اعتصامی و همکاران).

$$\omega_{(x)} = \prod_{j=1}^{p} \mu_{Aj}\left(x_j\right) \qquad (۶)$$

تابع μ_{Aj} را می‌توان از طیف وسیعی از توابع انتخاب کرد. یکی از متداول ترین آن‌ها به صورت زیر بیان شده است:

[4] Self-regressive smooth transition exponential

$$\mu_A(x) = exp\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2} \quad (۷)$$

اما همچنین می‌تواند یک تابع لجستیک باشد:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1+exp\left(\frac{c-x}{\sigma^2}\right)} \quad (۸)$$

و همچنین توابع غیر مشتق شده به عنوان یک تابع مثلثی می‌باشند. خروجی کلی به صورت میانگین وزنی یا مجموع وزن خروجی قوانین محاسبه می‌شود. در مورد مجموع وزن، خروجی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$y_t = G(x_t; \Psi) = \sum_{i=1}^{R} b_i' x_t . \omega_i(x_t) \quad (۹)$$

در اینجا G تابع غیرخطی کلی با پارامترهای w است و R تعداد قوانین فازی است که در سیستم وجود دارد. در حالی که بسیاری از FRBM TSK میانگین محاسبه را برای محاسبه خروجی انجام می‌دهند، FRBM افزایشی نیز یک انتخاب رایج است. آنها در تعداد زیادی از برنامه‌های کاربردی استفاده شده‌اند. هنگامی که برای مدل سازی یا پیش‌بینی یک سری زمانی نامحدود (Mishra) استفاده می‌شود، قوانین به صورت FSB FRBM بیان می‌شود:

$$IF y_{t-1} \ IS \ A_1 \ AND \ y_{t-2} \ IS \ A_2 \ AND,\ldots\ldots,AND \ y_{t-p} \ IS \ A_P \quad (۱۰)$$
$$THEN \ y = b_0 + b_1 y_{t-1} + b_2 y_{t-2} + \cdots + b_p y_{t-p}$$

در این قاعده، تمام متغیرهای y_{t-i} مقادیر سری زمانی (Mishra) هستند (Teräsvirta, 1994b).

۳-۴- آزمون خطی بودن در برابر غیر خطی بودن:

یکي از مراحل اساسي در تخمين الگوهاي رگرسيون انتقال ملايم، آزمون خطي بودن الگو در برابر الگوي غيرخطي است. اگر بنا به استفاده از روش غيرخطي براي تخمين مدل باشد بايد قبل از آن بر محققان مسلم شود كه فرآيند از الگوي غيرخطي تبعيت مي‌كند. درواقع هدف اصلي اين قسمت از تحقيق بررسي امكان تخمين به صورت غيرخطي است؛ به عبارت ديگر اگر آزمون‌هايي كه در ادامه آورده مي‌شود بتواند وجود رابطه غيرخطي را تأييد كند، آنگاه مي‌توان روابط را به صورت غيرخطي تخمين زده و به تحليل نتايج پرداخت، در غير اين صورت مدل به همان روش خطي تخمين زده مي‌شود. سؤال اساسي آن است كه: اولاً آيا مدل خطي است يا از يک الگوي غير خطي پيروي مي‌كند؟ (ثانياً: اگر مدل غير

خطي است؛ از كدام فرآيند تبعيت مي‌كند؟ (مدل LSTAR يا مدل ESTAR) بنابراين فرضيه صفر مبني بر خطي بودن به صورت $H_0 : \gamma = 0$ تعريف مي‌شود. در واقع با فرض صفر بودن γ معادله (۱) به يک رگرسيون خطي تبديل مي‌شود و در اين حالت C و θ پارامترهاي غيرمشخصي خواهد بود (Lopes & Salazar, 2006). براي حل اين مشكل بيان كرده‌اند، جايگزين كردن تابع انتقال $F(S_t, \gamma, C)$ با تقريب تيلور[5] مناسب است. براي انجام اين آزمون، از بسط درجه سوم تيلور بر اساس پيشنهاد لوكونن و همكاران (۱۹۸۸) استفاده مي‌شود (Luukkonen, Saikkonen, & Teräsvirta, 1988). بدين ترتيب، رگرسيون كمكي زير نوشته مي‌شود:

$$y = \pi' W_{t-1} + \sum_{i=1}^{k} \gamma_k' w_{t-1} s_t^k + v_t \qquad (۱۱)$$

كه درآن w_{t-1} بردار متغيرهاي مستقل مدل است S_t متغير انتقال و π' پارامترهاي ضرايب خطي مدل كمكي و γ_k' پارامترهاي ضرايب غيرخطي مدل كمكي است. در اين وضعيت، فرضيه صفر مبني بر خطي بودن الگو به صورت زير خواهد بود. در معادله (۵)، ابتدا متغير انتقال براي انجام آزمون فوق بايد تعيين گردد. انتخاب اين متغير، نه تنها در اين آزمون از اهميت فراواني برخوردار است، بلكه در تعيين نوع الگو و تخمين نهايي آن نيز سهم بسياري دارد. براي اين منظور تساى (Tsay, 1989)، (Teräsvirta, 1994a) آزموني را ارائه كرده‌اند كه در آن متغير انتقال مناسب، طوري انتخاب مي‌شود كه آماره آزمون مربوط به آزمون خطي بودن حداقل شود. به عبارت ديگر، به منظور انتخاب متغير مناسب ابتدا آزمون خطي بودن الگو براي متغيرهاي بالقوه مختلف انجام مي‌شود و متغيري انتخاب ميگردد كه مقدار آمارهF آزمون در بين ساير متغيرها بيشترين باشد. در صورت تأييد غيرخطي بودن الگو، بايد فرم تابعي مناسب براي تابع انتقال مورد بررسي قرار گيرد. در اين مرحله با استفاده از آماره كاي- دو، محدوديتهاي زير به ترتيب آزمون مي-شود.

[5] The Taylor series approximate

$$H_{04}: \beta_3 = 0 \quad (۱۲)$$
$$H_{03}: \beta_2 = 0 \,|\, \beta_3 = 0 \quad (۱۳)$$
$$H_{02}: \beta_1 = 0 \,|\, \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad (۱۴)$$

نحوه تصمیم‌گیری بدین ترتیب است که اگر فرضیه ۱۲ رد شود شکل مدل به صورت LSTAR انتخاب می‌شود، اگر فرضیه ۱۲ پذیرفته شود و فرضیه صفر ۱۳ رد شود شکل مدل به صورت ESTAR انتخاب می شود، نهایتا اگر فرضیه ۱۲و ۱۳ پذیر فته شود و فرضیه ۱۴ رد شود LSTAR می‌باشد.

۴-۴- داده‌ها و اطلاعات:

در این بخش به بررسی آثار نامتقارن عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی در ایران پرداخته می‌شود. براین اساس تصریح مدل برای بهره وری و مصرف انرژی به صورت روابط زیر است:

$$EF= F (Y, P, GP, IVA, CO2, TE, FC) \quad (۱۵)$$
$$E= F (Y, P, GP,IVA, TE) \quad (۱۶)$$

براساس روابط بالا، متغیرهای مورد بررسی عبارتند از: EF: بهره وری انرژی، E: مصرف انرژی، Y: تولید ناخالص داخلی سرانه، P: قیمت نفت، GP: قیمت گاز، IVA: ارزش افزوده بخش صنعت، CO_2: انتشار دی اکسید کربن. FC: سرمایه‌گذاری‌های ثابت وTE تکنولوژی است. اطلاعات در این تحقیق از آمار رسمی منتشر شده توسط بانک جهانی (WDI[6]) و گزارش‌های مربوط به شرکت‌های نفتی بین‌المللی همچون BP[7] برای کشور ایران طی سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۹۸ جمع‌آوری شده است.

[6] World Development Indicators (WDI)

[7] British Petroleum

۵- برآورد مدل و آزمون فرضیه‌ها:

در این بخش ابتدا به بررسی آزمون ریشه واحد پرداخته، برای این منظور از آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته استفاده شده است. و با توجه به معیا آکائیک دادها انباشته از درجه یک بوده که نتایج آن در **جدول۳** ارائه شده است.

جدول۳. آزمون ریشه واحد دیکي فولر تعمیم یافته (ADF) روی سطح متغیرها
مأخذ: نتایج پژوهش

Table3. Generalized Dickey Fuller unit root (ADF) test on the level of variables
Source: Research results

	آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته روی سطح متغیرها		آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته روی تفاضل مرتبه اول متغیرها	
متغیرها	کمیت بحرانی	احتمال	کمیت بحرانی	احتمال
e	-۰/۳۳	۰/۹۰۷	-۶/۰۹	۰/۰۰۰
fe	-۲/۶۲	۰/۱۰۰۴	-۶/۲۳	۰/۰۰۰
Co2	-۰/۵۱	۰/۸۷	-۵/۶۳	۰/۰۰۱
fc	-۱/۸۲	۰/۳۶	-۵/۱۸	۰/۰۰۳
te	-۰/۹۲	۰/۷۶	-۴/۶۳	۰/۰۰۱
iva	-۰/۹۹	۰/۷۴	-۳/۸۱	۰/۰۰۸۱
pg	-۱/۳۲	۰/۶۰۰۳	-۵/۰۲	۰/۰۰۴
y	-۰/۶۲	۰/۸۴	-۴/۳۵	۰/۰۰۲
p	۱/۳۵	۰/۹۹	-۵/۱۳	۰/۰۰۴

برای بررسی رابطه بلندمدت بین متغیرها (انباشتگی) ابتدا معادله رگرسیون (۱۷) و (۱۸) که به ترتیب مربوط به بهره وری و مصرف انرژی براورد می‌شود. اگر پسماندهای حاصل از این تخمین I(0) یا ساکن از درجه صفر باشد، در این صورت:

$$EF = \alpha_0 + \beta_1 y + \beta_2 p + \beta_3 pg + \beta_4 te + \beta_5\, iva + \beta_6 CO2 + \beta_7 fc + \varepsilon \quad (۱۷)$$

$$E = \alpha_0 + \beta_1 y + \beta_2 p + \beta_3 pg + \beta_4 te + \beta_5\, iva + \varepsilon \quad (۱۸)$$

متغیرهای موجود هم‌انباشته هستند (آزمون انگل گرنجر) با توجه به آزمون انجام شده، پسماندهای حاصل از این مدل I(0) بوده، درنتیجه متغیرهای موجود هم‌انباشته بوده و یک رابطه بلندمدت بین آن‌ها وجود دارد، البته ممکن است درکوتاه‌مدت عدم تعادل وجود

داشته باشد. بنابراین جمله خطا در رگرسیون (۱) خطای تعادل می‌باشد، از این جمله می-توان برای مرتبط ساختن رفتار کوتاه‌مدت CPI با رفتار بلندمدت آن استفاده کرد. برای این منظور از مکانیزم تصحیح خطا استفاده می‌شود (ECM) که برای اولین توسط سارگان[1] مورد استفاده قرار گرفت.

(۱۹)

$$d(EF)_t = \alpha_0 + \beta_1(ec)_{t-1} + \beta_2(dy)_{t-1} + \beta_3(dp)_{t-1} + \beta_4(dpg)_{t-1} + \beta_5(dte)_{t-1} + \beta_6(diva)_{t-1} + \beta_7(dCO2)_{t-1} + \beta_8(dfc)_{t-1} + \varepsilon$$

(۲۰)

$$d(E)_t = \alpha_0 + \beta_1(ec)_{t-1} + \beta_2(dy)_{t-1} + \beta_3(dp)_{t-1} + \beta_4(dpg)_{t-1} + \beta_5(dte)_{t-1} + \beta_6(diva)_{t-1} + \varepsilon$$

در مرحله بعد با توجه به معادله (۳) تست‌های خطی را انجام می‌شود. برای این هدف با استفاده از تک تک متغیرهای تحت بررسی (بهره وری انرژی، مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی سرانه، قیمت نفت، قیمت گاز، ارزش افزوده بخش صنعت، انتشار دی اکسید کربن) به عنوان متغیر انتقال انتخاب می شوند و برای ارزش‌های متفاوت (K=1,2,3) رگرسیون جداگانه‌ای تخمین زده می‌شود که این فرآیند به بسط تیلور معروف است. سپس برای هر یک از متغیرها بسط های اول تا سوم تیلور آماره F محاسبه می شود. سرانجام هر متغیری که بیشترین مقدار آماره F و احتمال را داشته باشد به عنوان متغیر انتقال انتخاب می‌شود. که نتایج حاصل در **جدول٤** و **جدول٥**که به ترتیب مربوط به بهره وری و مصرف انرژی ارئه شده است.

جدول٤. انتخاب متغیر انتقال مربوط به بهره وری
مأخذ: نتایج پژوهش

Table4. Selection of the transfer variable related to productivity
Source: Research results

متغیر انتقال (st)	K=1	K=۲	K=۳

dco2	۹۶/۵۷ (۰/۰۰۰)	۳/۷۴ (۰/۰۳۲)	۱۰۹/۲۲ (۰/۰۰۰)
dfc	۲۱/۹۶ (۰/۰۰۰)	۲۱/۵۷ (۰/۰۰۰)	۱۲/۴۸ (۰/۰۰۰)
dte	۱۰/۳۹ (۰/۰۰۰)	۸/۵۱ (۰/۰۰۰)	۱۰/۶۸ (۰/۰۰۰)
diva	۴۲/۴۷ (۰/۰۰۰)	۴۲/۲۲ (۰/۰۰۰)	۴۰/۱۳ (۰/۰۰۰)
dpg	۴۲/۴۷ (۰/۰۰۰)	۴۲/۲۲ (۰/۰۰۰)	۴۵/۷ (۰/۰۰۰)
dy	۳۶/۴۵ (۰/۰۰۰)	۳۶/۲۳ (۰/۰۰۰)	۳۵/۹۹ (۰/۰۰۰)
dp	۱۰/۳۹ (۰/۰۰۰)	۸/۵۱۰ (۰/۰۰۰)	۱۰/۶۶ (۰/۰۰۰)

جدول۵. انتخاب متغیر انتقال مربوط به مصرف انرژی
مأخذ: نتایج پژوهش

Table5. Selection of transmission variable related to energy consumption
Source: Research results

متغیر انتقال	K=1	K=۲	K=۳
dpg	۱۸/۷۷ (۰/۰۰۰)	۳۸/۰۲ (۰/۰۰۰)	۱۰/۹۶ (۰/۰۰۰)
diva	۲۰/۰۳ (۰/۰۰۰)	۳/۱۲ (۰/۰۴۵)	۲۰/۰۴ (۰/۰۰۰)
dte	۲۲/۲۷ (۰/۰۰۰)	۲۶/۰۰ (۰/۰۰۰)	۱۷/۱۵ (۰/۰۰۰)
dy	۱۴/۷۲ (۰/۰۰۰)	۱۴/۸۰ (۰/۰۰۰)	۱۴/۸۹ (۰/۰۰۰)
dp	۳۲/۵۲ (۰/۰۰۰)	۹/۷۹ (۰/۰۰۰)	۳۵/۲۷ (۰/۰۰۰)

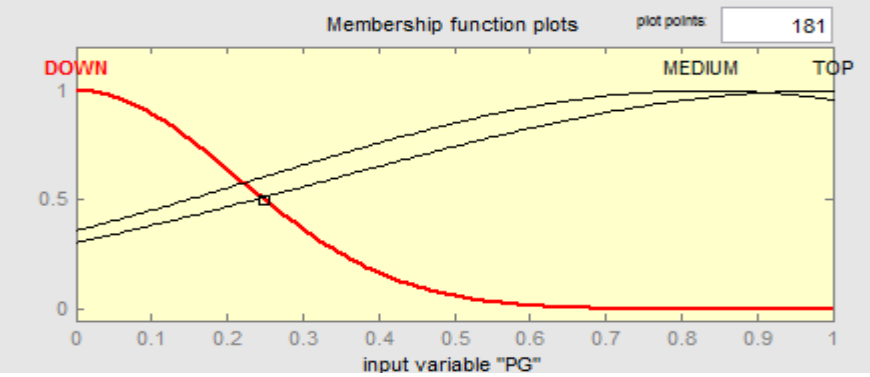
همانطور که بیان شد، برای بررسی رفتار غیرخطی متغیرها، انتخاب متغیر انتقال و مدل مناسب (انتخاب مدل LSTARیا ESTAR) به پیشنهاد تراسورتا (۱۹۹٤) بسط تیلور را به ترتیب به کمک آزمون های F3,F2,F1 انجام شده است. نتایج بدست آمده در **جدول٦** ارائه شده است. نتایج تست‌های خطی پیشنهاد می‌کنند که فرضیه تهی برای خطی بودن رد شده است. بنابراین، متغیرهای مورد بررسی رفتار غیرخطی دارند و به این دلیل آن که متغیر قیمت گاز و انتشار گاز دی اکسید کربن نسبت به سایر متغیرها آماره آزمون بزرگتری دارند به عنوان متغیر انتقال انتخاب می‌شود. و فرض خطی بودن به احتمال قوتری نسبت به سایر متغیرها رد می‌شود. از سوی دیگر با توجه به اینکه F3 بیشترین آماره فرضیه را دارد فرضیه (۱۲) رد می‌شود و با توجه به فرضیه‌های (۱۲و۱۳و۱٤) مدل مناسب را انتخاب می‌کنیم. و طبق فرضیه‌ها، مدل LSTAR انتخاب می‌شود. در مرحله بعد از طریق فرآیند همگرایی باید مقدار سرعت انتقال ( ) و مقدار آستانه (c) را تعیین کرد که نتایج در جدول(۵) و ارائه شده است. بنابراین فرم مدل غیرخطی LSTAR به صورت روابطه (۲۱) و (۲۲) که به ترتیب مربوط به بهره وری و مصرف انرژی است.

$$d(EF)_t = \alpha_0 + \beta_1(dy)_{t-1} + \beta_2(dp)_{t-1} + \beta_3(dpg)_{t-1} + \beta_4(dte)_{t-1} + {}^{*}\{\beta_8(dy)_{t-1} + \beta_5(diva)_{t-1} + \beta_6(dCO2)_{t-1} + \beta_7(dfc)_{t-1} + F(S_t,\gamma,C) \beta_9(dp)_{t-1} + \beta_{10}(dpg)_{t-1} + \beta_{11}(dte)_{t-1} + \beta_{12}(diva)_{t-1} + \beta_{13}(dCO2)_{t-1} + \beta_{14}(dfc)_{t-1}\} \quad (۲۱)$$

$$d(E)_t = \alpha_0 + \beta_1(dy)_{t-1} + \beta_2(dp)_{t-1} + \beta_3(dpg)_{t-1} + \beta_4(dte)_{t-1} + {}^{*}\{\beta_6(dy)_{t-1} + \beta_7(dp)_{t-1} + \beta_8(dpg)_{t-1} + \beta_5(diva)_{t-1} + F(S_t,\gamma,C) \beta_9(dte)_{t-1} + \beta_{10}(diva)_{t-1}\} \quad (۲۲)$$

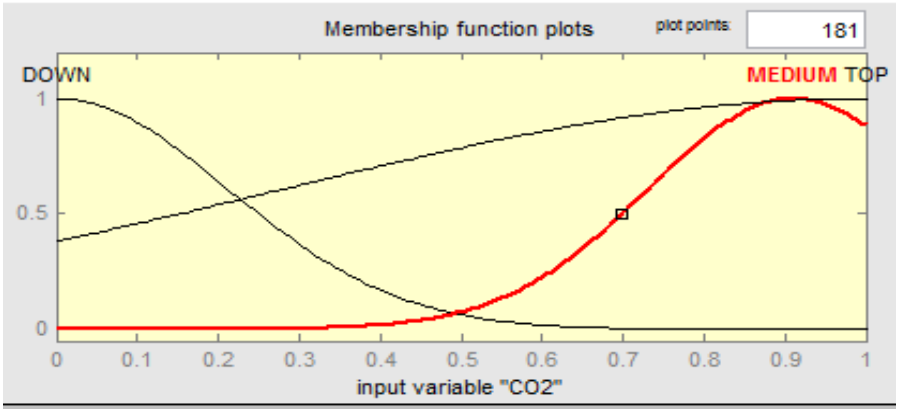
در این مدل i=1,…,N وt=1,..T و ε_t مجموع خطا، ec صحیح خطا می‌باشد. هدف اصلی از این مطالعه بررسی رفتار غیرخطی عوامل موثر بر مصرف و بهره وری انرژی است. همانطور که بیان شد با توجه به بسط تیلور و آزمون تراسویرتا قیمت گاز و انتشار گاز CO2 تاثیرقوی تری نسبت به سایر متغیرها به ترتیب بر مصرف و بهره وری انرژی دارند و به عنوان متغیر انتقال انتخاب می شوند. حال با استفاده از قوانین فازی تابع عضویت متغیرهای انتقال را در نرم افزار متلب محاسبه کرده، لازم به توضیح است که توابع عضویت از نوع گوسین می باشد. زمانی که قیمت گاز و انتشار گاز CO2 بین صفر و

میانگین است . در حد آستانه پایین[8]،زمانی که قیمت گاز و انتشار گاز CO2 بین مجموع میانگین و انحراف معیار و تفاضل میانگین و انحراف معیار است در حد آستانه متوسط[9]،زمانی که قیمت گاز و انتشار گاز CO2 بین میانگین و عدد یک است در حد آستانه بالا[10] است. بر این اساس توابع عضویت برای قیمت گاز و انتشار گاز CO2 محاسبه شده و در **شکل۳** و **شکل٤** ترسیم شده است.



شکل۳. تابع عضویت متغیر انتقال (قیمت گاز)
مأخذ: نتایج پژوهش
Figure3. membership function of the transfer variable (gas price)
Source: Research results

[8] . Down Threshold
[9] . Medium Threshold
[10] .Top Threshold



شکل۴. تابع عضویت متغیر انتقال (انتشار گازCO2)

مأخذ: نتایج پژوهش

Figure4. The membership function of the transfer variable (CO2 emissions)

Source: Research results

جدول٦. انتخاب مدل مناسب

مأخذ: نتایج پژوهش

Table6. Choose the right model

Source: Research results

مدل غیرخطی	انتخاب مدل مناسب	F1	F2	F3
مصرف انرژی	LSTAR	۵/۲۵	۱۰/۹۸	۱۷/۳۳
بهره وری انرژی	LSTAR	۸/۶۵	۱۵/۶	۲۸/۶۵

جدول۷. مقدار آستانه و مقدار سرعت انتقال

مأخذ: نتایج پژوهش

Table7. Threshold value and transmission speed value

Source: Research results

مدل غیرخطی	سرعت انتقال	نقطه انتقال
مصرف انرژی	۲/۵	۸/۱
بهره وری انرژی	۰/۲	۲/۲

جدول۸. مقایسه نتایج مدل خطی وغیر خطی فازی بهره وری انرژی
مأخذ: نتایج پژوهش

Table8. Comparing the results of linear and nonlinear fuzzy models of energy efficiency
Source: Research results

	مدل خطی	مدل غیرخطی				
نام متغیر	ضرایب	ضرایب قسمت خطی	ضرایب قسمت غیرخطی	حد بالا	حد وسط	حد پایین
dco2	-۰/۵۱	۵/۶۶	-۱۶/۲۴	-۵۱/۹۴۴	-۱۵/۰۷	-۱۱/۱۸
dfc	۱/۴۱	۴/۱۴	-۴/۲۶	۱۶/۷۴	۶/۶۳	۶/۱۰
dte	۰/۰۳	۴/۶۶	-۴۹/۳۳	۱۴۵/۲۵	۲۹/۳۱	۲۱/۴۳
dva	۷/۰۷	۵/۱۰	-۵/۲۴	۲۰/۰۴	۷/۷۲	۶/۸۸
dpg	-۰/۰۱	۳/۵۴	-۳۵/۹۷	۱۰۴/۰۶	۲۴/۳۲	۱۵/۷۰
dy	۰/۰۰۰۴	۰/۳۴	۳/۷۷	-۱/۶۲	-۲/۵۲	۱۱/۰۹
dp	-۰/۰۰۱	۰/۷۰	-۷/۳۴	۲۱/۶۶	۵/۰۰۷	۳/۲۴
R2	۰/۳۵	۰/۶۳				

جدول۹. مقایسه نتایج مدل خطی و غیر خطی فازی مصرف انرژی
مأخذ: نتایج پژوهش

Table9. Comparing the results of linear and nonlinear fuzzy models of energy consumption
Source: Research results

	مدل خطی	مدل غیرخطی				
نام متغیر	ضرایب	ضرایب قسمت خطی	ضرایب قسمت غیرخطی	حد بالا	حد وسط	حد پایین
dte	۹/۷۲	۷/۱۱	-۵/۱٤	-۷/۸۵	-۷/۸۰	-۷/۸۵
dva	۳/۵۲	۱/۰٦	-۱/۰۳	۱/۰٤	۱/۰٤	۱/۰۲
dpg	-۲۸/٦	-۱۸/۲۲	۹۳/۱۳	-۱۷/۲۸	-۱٦/٤۵	-۱۵/٤۳
dy	-۰/۱٤	۱/٤۵	۰/۰۵۷	۱/٤٦	۱//٤۰۵	۱/٤۰
dp	-۰/۵۹	-۲۳/۹۱	۲۳/۵۸	-۲۳/٦۷	-۲۳/٤۵	-۲۳/۲۰
R^2	۰/٤۱	۰/٦٤				

۶- تجزیه وتحلیل

در این بخش از مطالعه به تحلیل نتایج پرداخته می شود.

الف: با توجه به
جدول۸ ضریب تعیین مربوط به بهره وری انرژی برای مدل خطی و غیرخطی فازی به ترتیب ۰/۳۵ و۰/٦۳ است. معمولا در مدل های غیرخطی ضریب تعیین نسب به مدل های خطی افزایش قابل توجهی ندارد (Enders,1948). براساس نتایج تخمین مدل غیرخطی فازی سرعت انتقال بهره وری انرژی ۰/۲بدست آمده است که بیانگر سرعت تعدیل کند بهره وری انرژی است به علاوه مقدار آستانه ای برای بهره وری انرژی۲/۲ می باشد. همانطور که نتایج مدل خطی بهره وری انرژی نشان می دهد انتشار گاز دی اکسید کربن، قیمت گاز و نفت موجب کاهش بهره وری انرژی می شود. از طرفی ارزش افزوده بخش صنعت، سرمایه گذاری و رشد اقتصادی موجب افزایش بهره وری انرژی می شود.

ب: در **جدول۹** مقایسه نتایج مدل خطی و غیرخطی فازی بیانگر آن است که تخمین مدل غیرخطی فازی مربوط به مصرف انرژی قدرت توضیح دهندگی مدل را به طور معناداری افزایش داده است، به گونه ای که ضریب تعیین در مدل غیرخطی فازی ٠/٦٤ است در حالی که در مدل خطی ضریب تعیین ۰/٤۱ می‌باشد. با توجه به این که مدل های غیرخطی رفتار متغیرهای اقتصادی را به طور دقیق تری نسبت به مدل های خطی مدل سازی می کنند بنابراین، ضریب تعیین مدل غیر خطی نسبت به مدل خطی افزایش یافته است (Enders,1948) .براساس نتایج تخمین مدل غیرخطی سرعت انتقال برای مصرف انرژی ۲/۵ بدست آمده است که بیانگر سرعت تعدیل بالا در مصرف انرژی است. به علاوه مقدار آستانه ای برای مصرف انرژی برابر ۸/۱ است. همچنین مدل خطی مصرف انرژی بیانگر آن است که تکنولوژی، قیمت گاز و نفت باعث کاهش مصرف انرژی می شود. از طرفی ارزش افزوده بخش صنعت و رشد اقتصادی موجب افزایش مصرف انرژی می شوند. نتایج مدل غیرخطی فازی کاملا متفاوت از مدل خطی است، چرا که متغیرهای اقتصادی رفتار غیرخطی دارند از این رو لازم است به کمک مدل های غیر خطی این رفتارهای غیر خطی مدل سازی شوند تا بتوان تجزیه و تحلیل های مناسبی از نحوه اثر متغیرها انجام شود.

پ: بر این اساس می توان سه کمیت را برای چگونگی تاثیرگذاری متغیرهای مورد بررسی بر پویایی های مصرف و بهره وری انرژی بدست آورد. برای این منظور سه حالت آستانه بالا، آستانه پایین، آستانه وسط (زمانی که انتشار گاز دی اکسید کربن و قیمت گاز برابر مقدار آستانه ای است) را مورد بررسی قرار می دهیم.

ت: در مورد نرخ انتشار گاز دی اکسید کربن بر بهره وری انرژی هر چه به حد آستانه پایین نزدیک می‌شویم تاثیر انتشار گاز دی اکسید کربن افزایش قابل توجهی دارد هر چند که در حد آستانه بالا این تاثیر کاهش می یابد. یکی از دلایل این موضوع آن است که در آستانه بالا میزان مصرف انرژی افزایش می یابد که این امر لزوم استفاده بهینه از انرژی و استفاده بیشتر از تکنولوژی را در جهت کاهش آسیب های زیست محیطی را فراهم می کند. تاثیر سرمایه‌گذاری های ثابت بر بهره وری انرژی مثبت و با نزدیک شدن به حد آستانه پایین و وسط ثابت می‌شود اما در حد آستانه بالا این تاثیرگذاری بیشتر می شود. سرمایه گذاری ثابت می‌تواند تاثیر به سزایی در افزایش بهره وری انرژی در کشور داشته باشد. بخش‌هایی همچون صنعت، خانگی و ساختمان‌های عمومی و خصوصی، حمل و نقل، ساخت و ساز و کشاورزی از جمله مهمترین بخش‌هایی هستند که با افزایش سرمایه گذاری گسترده در آنها می توان بهره وری انرژی را افزایش داد. همچنین ارزش افزوده و تکنولوژی بر بهره وری انرژی در حد آستانه بالا تاثیر بیشتری دارد و در حد آستانه‌ای (آستانه وسط) و حد آستانه پایین کاهش می‌یابد. ارزش افزوده و تکنولوژی باعث بهبود بهره وری جزیی و کلی عوامل تولید می شود که امر نقش بسیار قابل توجهی در افزایش بهره وری دارد.

قیمت گاز و نفت موجب افزایش بهره وری انرژی شده است که در آستانه بالا بیشترین تاثیر را دارد و با نزدیک شدن به حد آستانه پایین این تاثیر کاهش می‌یابد، میزان تأثیر تغییر قیمت انرژی بر شاخص بهره‌وری وابستگی کشش جانشینی بین انرژی و سرمایه و عرضه نیروی‌کار را ذکر می‌کند. با افزایش هماهنگ قیمت حامل‌های انرژی اگر امکان جانشینی انرژی با سایر عوامل تولید وجود نداشته باشد سطح تولید پایین می‌آید و افزایش قیمت تأثیر قابل توجهی بر شاخص بهره‌وری و مصرف نخواهد داشت .در حالی که اگر جانشینی بین عوامل امکان‌پذیر باشد با کاهش مصرف سطح تولید تغییر نکرده و شاخص بهره وری بهبود می یابد.

ث: نتایج مدل غیرخطی فازی حاصل برآورد تاثیر متغیرهای مستقل بر مصرف انرژی در هر یک از سه حد آستانه مذکور حاکی از تاثیر تقریبا یکسان آن ها می باشد که مورد مربوط به ویژگی های مصرف انرژی است. درمورد درصد تغییر نرخ انتشار گاز دی اکسید کربن بر مصرف انرژی در حد آستانه پایین و وسط کاهش قابل توجهی ندارد هر چند که در حد آستانه بالا این تاثیر کاهش می یابد. تاثیر سرمایه گذاری های ثابت بر مصرف انرژی مثبت بوده و در حد آستانه پایین و وسط تقریبا ثابت می شود اما در حد آستانه بالا این تاثیرگذاری بیشتر می شود. همچنین تاثیر تکنولوژی بر مصرف انرژی در هر سه حد آستانه تاثیر تقریبا یکسان دارد اگر چه در حد آستانه بالا کاهش می یابد. قیمت گاز و نفت موجب کاهش مصرف انرژی شده است. همچنین نتایج نشان می دهد که در آستانه بالا بیشترین تاثیر را دارد و با نزدیک شدن به حد آستانه پایین این تاثیر افزایش می یابد. در مورد تاثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی نتایج حاکی از تاثیر ارتباط مستقیم بین این دو متغییر است به گونه ای که در حد آستانه بالا بیشترین تاثیر را بر مصرف انرژی دارد.

Acknowledgments: All individuals and institutions that assisted the authors in conducting this research are acknowledged.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The authors have not received any financial support for the research, authorship and publication of this article.

Reference

Abdoli, G., & Varahrami, V. (2010). A Survey Of The Effects Of Technological Advance On Energy Saving In The Industrial And Agricultural Sectors Of Iran Based On The Cobb - Douglas Production Function. *Quarterly Energy Economics Review 6*(23). Retrieved from https://www.sid.ir/paper/99557/en

Abrishami, H., Nouri, M., & Doudabinezhad, A. (2010). The Relationship Between Energy Productivity and Energy Price in Iran: An Asymmetric Cointegration Approach. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies, 18* .۵-۲۲ ,(۵۵)Retrieved from http://qjerp.ir/article-1-228-en.html

Adenikinju, A. F., & Alaba, O. B. (1999). Energy use and productivity performance in the Nigerian manufacturing sector (1970-90). *Opec review*, *23*(3), 251-264 .

Ahmadi Shadmehri, M. T., Falahi, M. A., & Niazi Mohseni, M. (2014). Analyzing Factors Affecting on the Energy Productivity in Iranâ s Agricultural Sector. *Agricultural Economics and Development*, *21*(4), 1-28. Retrieved from http://aead.agri-peri.ac.ir/article_58716_219fa231b45e7db4241۹eb5d76ab14d3.pdf

Akbarnia, E. s., Salehi, S., Firozjayan, A. A., & Heidari, G. (2022). Identification of Effective Sociological Factors on Household Consumption Energy (A Systematic Review on Energy Studies in Iran). *Quarterly of Social Studies and Research in Iran*, *11*(2), 305-345. doi:10.22059/jisr.2022.330234.1237

Amini, A., & Yazdipoor, F. (2008). An Analysis of Factors Effecting Energy Productivity in Large Manufacturing Firms: A Case Study of Iran. *Economics Research*, *8*(30), 71-104. Retrieved from https://joer.atu.ac.ir/article_3206_a9a54c9cee9da60e7be6e56573f292af.pdf

Ang, J. B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, *35*(10), 4772-4778 .

Anooshehpour, A., Moghaddasi, R., MohammadiNejad, A., & Yazdani, S. (202 .(۰The Relationship between Energy Consumption and Total Factor Productivity in Agriculture: Application of Quantile Regression Approach. *Iranian Energy Economics*, *9*(34), 65-85. doi:10.22054/jiee.2021.56060.1789

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, *38*(1), 656-660 .

Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological economics*, *69*(11), 2255-2260 .

Arabshahi Delouee, M., Falahi, M. A., & Salehnia, N. (2020). Energy Efficiency of Energy-Intensive Industries in Iran: Application of Data Envelopment Analysis and Gamma Test. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, 6*(3), 45-84. Retrieved from http://epprjournal.ir/article-1-827-en.html

Asadi, A., & Esmaeili, S. M. (2013). Investigate the Dynamic Relationship between Energy consumption and Financial development in Iran. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies, 1*(Vol1-No3), 17-38 .

Asadi, A., Esmaili, S. M., Bakhshour, F., & Sadeghpour, A. (2018). Investigating Factors Affecting Energy Consumption in Iran(with Emphasis on the Financial Development Variable) .*quarterly journal of fiscal and Economic policies, 6*(21), 81-107. Retrieved from http://qjfep.ir/article-1-852-en.html

Baniasadi, M., & Mohseni, R. (2014). The effect of temporary and permanent shocks of productivity on intensity of energy consumption in Iran (Application of Blanchard-Quah method) .

Behbudi, D., & Asgharpour, H. (2009). Structural Breaks, Energy Consumption and Economic Growth in Iran (1967-2005). *The Economic Research, 9*(3), 53-84. Retrieved from http://ecor.modares.ac.ir/article-18-6941-en.html

Belke, A., Dobnik, F., & Dreger, C. (2011). Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics, 33*(5), 782-789 .

Cohen, F., Glachant, M., & Söderberg, M. (2015). *The impact of energy prices on energy efficiency: Evidence from the UK refrigerator market*. Retrieved from

Delnajian, S., Soheili, K., & Beharipour, S. (2015). Evaluation Of The Effect Of Changing Population Age Structures On Household Sector Energy Consumption In Iran. *Quarterly Journal of Quantitative Economics, 12*(2), 105-135. doi:10.22055/jqe.2015.11886

Ebrahimi, M., & Alemorad-jabdarghi, M. (2012). Financial Markets Development and Energy Consumption in D8 Countries. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies, 20* (۶۱), ۱۷۴-۱۵۹. Retrieved from http://qjerp.ir/article-1-178-en.html

Ehsanfar, M. H. (2016). Explaining The Effect of Economic Growth and Energy Market Integration on Energy Consumption in Iran: Using Generalized Method of Moments. *Economic Growth and Development Research, 7*(25), 85-96. Retrieved from https://egdr.journals.pnu.ac.ir/article_2589_09c7e427b7b72903c3a9f8592a602803.pdf

Feng, Y., Lu, C.-C., Lin, I.-F., Yang, A.-C., & Lin, P.-C. (2022). Total Factor Energy Efficiency of China's Thermal Power Industry . *Sustainability, 14*(1), 504 .

Ghaderi Moghadam, R., Baseri, B., Falihi, N., & Abbasi, G. (2022). The Role of Inflation Uncertainty onGas and Oil Consumption. *Financial Economics, 16*(59), 47-74. doi:10.30495/fed.2022.694713

Ghanbari, A., Khaksar Astana, S & ,.Khaksar Astana, H. (2014). Factors Affecting Energy Productivity in Agricultural Sector of Iran. *Agricultural Economics Research, 6*(21), 1-21. Retrieved from https://jae.marvdasht.iau.ir/article_415_ac05e1702039ac464deaf998486e6562.pdf

Ghosh, S. (201 .(۰ Examining carbon emissions economic growth nexus for India: a multivariate cointegration approach. *Energy Policy, 38*(6), 3008-3014 .

Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H., & Haralambopoulos, D. (2011). CO2 emissions, GDP and energy intensity: a multivariate cointegration and causality analysis for Greece, 1977–2007. *Applied Energy, 88*(4), 1377-1385 .

Hoshmand, M., Daneshnia, M., Sotudeh, A., & Ghezelbash, A. (2013). Causality relationship between energy consumption, economic growth and prices: using panel data OPEC member countries .

Jacques Loesse, E. (2010). The Energy Consumption-Growth Nexus in Seven Sub-Saharan African Countries". *Economics Bulletin, 30*(2), 1191-1209 .

Jalalabadi, A., & Rakhshan, S. (2005). An Analysis of Consumption Pattern of Energy Carriers in Iran (1966-2000). *Iranian Journal of Economic Research, 7*(22), 115-132. Retrieved from https://ijer.atu.ac.ir/article_3778_658bbd005edd9c65d65dda1097bdea72.pdf

Kafaie, S. M. A., & Nejadaghaeianvash, P. (2017). Identifying the Factors that Effect Sectoral Energy Efficiency in the Iranian Economy.

Quarterely Energy Economics Review, 13(52), 1-34. Retrieved from http://iiesj.ir/article-1-706-en.html

Kakar, Z. K., Khilji, B. A., & Khan, M. J. (2011). Financial development and energy consumption :empirical evidence from Pakistan. *International Journal of Trade, Economics and Finance, 2*(6), 469 .

Karanfil, F. (2009). How many times again will we examine the energy-income nexus using a limited range of traditional econometric tools? Energy Policy, 37(4), 1191-1194.

Kronenberg, T. (2009). The impact of demographic change on energy use and greenhouse gas emissions in Germany. *Ecological economics, 68*(10), 2637-2645 .

Lee, C.-C., & Lee, J.-D. (2010). A panel data analysis of the demand for total energy and electricity in OECD countries. *The Energy Journal, 31* .(۱)

Liddle, B., & Lung, S. (2010). Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts. *Population and Environment, 31*(5), 317-343 .

Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption–economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40*, 111-117 .

Lopes, H. F., & Salazar, E. (2006). Time series mean level and stochastic volatility modeling by smooth transition autoregressions: a Bayesian approach. In *Econometric Analysis of Financial and Economic Time Series*: Emerald Group Publishing Limited.

López-Bernabé, E., Foudi, S., Linares, P., & Galarraga ,I. (2021). Factors affecting energy-efficiency investment in the hotel industry: Survey results from Spain. *Energy Efficiency, 14*(4), 1-22 .

Luukkonen, R., Saikkonen, P., & Teräsvirta, T. (1988). Testing linearity against smooth transition autoregressive models. *Biometrika, 75*(3), 491-499 .

Miketa, A., & Mulder, P. (2003). Energy-productivity convergence across developed and developing countries in 10 manufacturing sectors .

Mishra, V. (2019). Measuring Technical Efficiency in Healthcare Service: A Case Study .

Mohammad zadeh, p., & Ebrahimi, S. (2014). The Relationship between Energy Consumption and Financial Development in Iran. *Quarterely Energy Economics Review, 9*(39), 77-104. Retrieved from http://iiesj.ir/article-1-339-en.html

Neves, F. d. O., Ewbank, H., Roveda, J. A. F., Trianni, A., Marafão, F. P., & Roveda, S. R. M. M. (2022). Economic and Production-Related Implications for Industrial Energy Efficiency: A Logistic Regression Analysis on Cross-Cutting Technologies. *Energies, 15*(4), 1382 .

OECD ,I. (2016). Energy and air pollution: world energy outlook special report 2016 .

Ogunsola, A. J., & Tipoy, C. K. (2022). Determinants of energy consumption: The case of African oil exporting countries. *Cogent Economics & Finance, 10*(1), 2058157 .

Oluoch, S ,.Lal, P., & Susaeta, A. (2021). Investigating factors affecting renewable energy consumption: A panel data analysis in Sub Saharan Africa. *Environmental Challenges, 4*, 100092 .

Otsuka, A. (2018). Regional determinants of energy efficiency: Residential energy demand in Japan. *Energies, 11*(6), 1557 .

Ozturk, I., & Acaravci, A. (2011). Electricity consumption and real GDP causality nexus: Evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries. *Applied Energy, 88*(8), 2885-2892 .

Rahimy, K., Faraji Dizaji, S., & Assari Arani, A. (2022). The Impact of Renewable Energy Consumption on Social Development in OECD Countries. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, -. doi:10.22055/jqe.2022.39230.2439

Rezitis, A. N., & Ahammad, S. M. (2015). The relationship between energy consumption and economic growth in south and Southeast Asian countries: A panel VAR approach and causality analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy, 5*(3), 704-715 .

Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy, 38*(5), 2528-2535 .

Savari, A., Fatrus, M. H., Haji, G., & Najafizadeh, A. (2020). Asymmetric analysis of the effect of energy consumption and financial

development on economic growth in Iran: Application of nonlinear ARDL method. *Quarterly Journal of Quantitative Economics, 17*(3), 69-90. doi:10.22055/jqe.2019.28107.2012

Sineviciene, L., Sotnyk, I., & Kubatko, O. (2017). Determinants of energy efficiency and energy consumption of Eastern Europe post-communist economies. *Energy & Environment, 28*(8), 870-884 .

Sinha, D. (2009). The energy consumption-GDP nexus: Panel data evidence from 88 countries .

Teräsvirta, T. (1994a). Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models. *Journal of the american statistical association, 89*(425), 208-218 .

Teräsvirta, T. (1994b). Testing linearity and modelling nonlinear time series. *Kybernetika, 30*(3), 319-330 .

Tsay, R. S. (1989). Testing and modeling threshold autoregressive processes. *Journal of the american statistical association, 84*(405), 231-240 .

Uzar, U. (2020). Political economy of renewable energy: does institutional quality make a difference in renewable energy consumption? *Renewable Energy, 155*, 591-603 .

Vafaei, E., Pendar, M., & Masumzadeh, S. (2021). Investigating the Financial Development on Energy Consumption. *Program and Budget Research, 2*(3), 99-115. doi:10.22034/pbr.2021.145872

Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Science of the Total Environment, 542*, 360-371 .

Yalta, A. T. (2011). Analyzing energy consumption and GDP nexus using maximum entropy bootstrap: the case of Turkey .*Energy Economics, 33*(3), 453-460 .

zaroki, s., & moghadasi sedehi, A. (2021). Energy Consumption in Economic Sectors and Environmental Pollution in Iran with Emphasis on Electricity and Non-Electricity. *Quarterely Energy Economics Review, 17*(68), 195-226 .Retrieved from http://iiesj.ir/article-1-1225-en.html

Zhixin, Z., & Xin, R. (2011). Causal relationships between energy consumption and economic growth. *Energy Procedia*, *5*, 2065-2071 .