

تحلیل اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای سرمایه‌ای بر شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران

مهدی یزدانی^{*}، حسین توکلی^{**}

تاریخ پذیرش

۱۳۹۹/۰۹/۲۰

تاریخ دریافت

۱۳۹۸/۱۰/۱۲

چکیده:

به طور کلی سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های جدید چه از طریق جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و چه از طریق واردات کالاهای سرمایه‌ای، موجب کاهش شدت انرژی می‌شود. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی و مقایسه اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای سرمایه‌ای بر شدت انرژی بخش‌های اقتصادی ایران است. برای این منظور از داده‌های جمعی‌سازی نشده در بخش‌های کشاورزی، حمل و نقل و صنعت و معدن طی دوره ۱۳۷۲-۱۳۹۶ استفاده و با روش آرلانو و باند در فضای داده‌های تابلویی، الگوی مورد نظر برآورد شده است. علاوه بر دو متغیر فوق، از شاخص قیمت انرژی، ارزش افزوده و مجذور آن، درجه باز بودن تجاری و شاخص قیمت تولید کننده هر بخش و نرخ ارز حقیقی به عنوان متغیرهای توضیحی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با یک وقفه، اثر معنادار و منفی بر شدت انرژی در همه بخش‌های اقتصادی دارد، در حالی که واردات کالاهای سرمایه‌ای اثر معناداری بر شدت انرژی بخش‌های اقتصادی ایران نداشته و حتی ضریب با وقفه آن، شدت انرژی را افزایش داده است. علاوه بر این ارزش افزوده، شاخص قیمت انرژی و باز بودن تجاری بخش‌ها رابطه منفی با شدت انرژی دارد. در نهایت شاخص قیمت بهای تولید کننده و نرخ ارز حقیقی رابطه مثبت با شدت انرژی دارد. بر این اساس، جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نسبت به واردات کالاهای سرمایه‌ای به منظور کاهش شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی در الویت قرار است.

کلیدواژه‌ها: شدت انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، کالاهای سرمایه‌ای، الگوی داده‌های تابلویی پویا.
طبقه‌بندی JEL: Q43, F61, F21, C23

^{*} استادیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Ma_yazdani@sbu.ac.ir

^{**} کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، گروه اقتصاد دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران

htavakoli1980@gmail.com

۱. مقدمه

به طور کلی ادبیات نظری و تجربی اقتصاد بر نقش و جایگاه انرژی در توسعه و رشد اقتصادی کشورها تاکید بسیار دارند و با توجه به اهمیت انرژی و محدودیت منابع طبیعی، یکی از موضوعات مهم در حوزه انرژی، امنیت انرژی و کاهش شدت مصرف آن است. این در حالی است که به منظور ارزیابی و تحلیل کارایی مصرف انرژی از شاخص‌های متعددی از جمله بهره‌وری و شدت انرژی می‌توان استفاده نمود. به طور کلی شدت انرژی نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معین از کالا و خدمات چه میزان انرژی به کار رفته است.

همچنین با وجود این که در کشورهای توسعه یافته به دلیل استفاده از تکنولوژی جدید و مدیریت واحدهای تولیدی، مصرف و بهره‌برداری مناسب از منابع و عوامل تولید، شدت مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی کاهش یافته است؛ روند تغییرات شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه لزوم توجه هر چه بیشتر به این متغیر و مطالعه عوامل موثر بر آن را یادآوری می‌کند. نتایج مطالعه هرریاس و ارتس^۱ (۲۰۱۳)، نشان می‌دهد که انتقال تکنولوژی از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی^۲ (FDI) و واردات تکنولوژی مناسب، موجب بهبود کارایی مصرف انرژی در چین شده است. در مطالعه مشابه دیگر، ادم^۳ (۲۰۱۵)، نیز دریافته است که انتقال تکنولوژی از طریق ورود FDI موجب کاهش شدت انرژی در آفریقای جنوبی شده است.

بر این اساس دسترسی به تکنولوژی کارآمد و ذخیره کننده انرژی از شرایط لازم جهت کاهش شدت انرژی است. این در حالی است که یک کشور به چندین روش می‌تواند به دانش و تکنولوژی بین‌المللی دسترسی داشته باشد. برای مثال برنستین و موهنن^۴ (۱۹۹۸)، واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای و FDI را از روش‌های انتقال و

1. Herrerias and Orts
2. Foreign Direct Investment
3. Adom
4. Bernstein and Mohnen

سرریز دانش و تکنولوژی بین‌المللی معرفی کرده‌اند. FDI معمولاً دربرگیرنده سه عنصر سرمایه، تکنولوژی و مدیریت است که هر سه برای پیشرفت کشورهای درحال توسعه مورد نیاز است. با این وجود گاهی سرمایه‌گذاران خارجی باعث ورود گونه‌ای از تکنولوژی به کشور میزبان می‌شوند که تنها برای تأمین منافع شرکت سرمایه‌گذار جهت استفاده از نیروی کار و منابع انرژی ارزان صورت می‌گیرد. از طرف دیگر واردات تکنولوژی‌های پیشرفته که مترادف با تکنولوژی سرمایه‌براست، با شرایط اقتصادی کشورهای درحال توسعه تناسب ندارد و این کشورها تکنولوژی‌های پایین‌تر را وارد می‌کنند که انرژی‌بری بالایی دارند.

علاوه‌براین در حوزه‌ی اقتصاد انرژی در اقتصاد ایران، تعدادی از مطالعات به ارزیابی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، برآورد تقاضا برای انرژی خانوارها، صنعت و سایر بخش‌ها و موضوعات دیگر پرداخته‌اند، اما به ارزیابی شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی و به ویژه مقایسه اثر FDI و ورود کالاهای سرمایه‌ای به عنوان دو استراتژی در فرآیند استفاده از تکنولوژی برتر بر این متغیر نپرداخته‌اند. با توجه به این که کشور ایران مصرف انرژی سرانه بالایی دارد و در برنامه‌های کلان و توسعه‌ای کشور کاهش آن هدف‌گذاری شده است، باید ارزیابی کرد که چه برنامه‌هایی می‌توان در نظر گرفت تا ضمن رشد بالا و مستمر در بخش‌های اقتصادی کشور که در سند چشم‌انداز معین شده است، شدت انرژی نیز در این بخش‌ها کنترل شود. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و مقایسه اثر FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای بر شدت انرژی در بخش‌های حمل و نقل، کشاورزی و صنعت و معدن کشور^۱ طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۷۲ است.

ادامه مقاله این گونه ساماندهی شده است که در بخش دوم، ادبیات نظری و مطالعات پیشین و در بخش سوم، الگو، متغیرها و روش پژوهش معرفی شده است. در بخش چهارم، نتایج تجربی حاصل از برآورد الگو و در نهایت در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه شده است.

۱. به دلیل عدم وجود داده، این مطالعه تنها به این بخش‌ها پرداخته است.

۲. ادبیات نظری

به طور کلی میزان شدت انرژی بسته به ساختار اقتصادی هر کشور (کشور توسعه یافته و کشور در حال توسعه)، متفاوت است. همچنین این متغیر می‌تواند منعکس کننده ویژگی‌های عمومی استاندارد و یا «سبک زندگی»^۱ در یک اقتصاد باشد. کشورهایی که استاندارد زندگی بالاتری را تجربه می‌کنند و از سطح رفاه بالاتری برخوردارند، کالاها و وسایل انرژی‌بر بیشتری را نیز استفاده می‌کنند و لذا از این نظر می‌توانند میزان شدت انرژی بالاتری نیز داشته باشند. از سوی دیگر، بالاتر بودن کارایی انرژی برای وسایل انرژی‌بر و نیز در ساختمان‌ها و وسایط نقلیه و نیز به‌کارگیری روش‌ها و الگوهای حمل و نقل بهتر، بهره‌گیری از ظرفیت‌های ترانزیت انبوه، جیره‌بندی یا برقراری سیستم‌های مالیاتی مرتبط با مصرف انرژی، همه به نوعی بر کاهش شدت انرژی یک کشور مؤثرند (جمشیدی، ۲۰۰۸).

فیشر- وندن و همکاران^۲ (۲۰۰۴) بیان کردند برای تشخیص عوامل مؤثر بر شدت انرژی می‌توان هدف کلی اقتصاد را حداقل‌سازی تابع هزینه کل را در نظر گرفت. در این صورت با استفاده از لم شفارد^۳ می‌توان نشان داد که شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل مهم تکنولوژی تولید و قیمت نسبی سایر نهاده‌های تولید به نهاده انرژی، قرار دارد. بر این اساس هر چه سطح تکنولوژی بالا باشد، برای تولید مقدار معین تولید به نهاده‌های تولیدی (از جمله نهاده انرژی) کمتری نیاز است و بنابراین شدت انرژی پایین خواهد بود و از سوی دیگر هر چه قیمت سایر نهاده‌ها نسبت به نهاده انرژی بالاتر باشد و به عبارت دیگر انرژی به طور نسبی نهاده ارزان‌تری باشد، تمایل به جایگزینی نهاده انرژی بیشتر خواهد بود (عمادزاده و همکاران، ۱۳۸۲).

علاوه‌براین قیمت انرژی از یک سو مصرف و تقاضای انرژی و از سوی دیگر تولید

1. Style of Life
2. Fisher- Vanden et al.
3. Shephard

ناخالص داخلی و رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. چنان‌چه شاخص کل قیمت انرژی افزایش یابد (با فرض ثابت بودن قیمت سایر عوامل تولید)، مصرف آن کاهش می‌یابد. اما چنان‌چه در مجموعه حامل‌های انرژی، تنها قیمت یکی از حامل‌ها افزایش یابد، یا افزایش آن بیش از سایر حامل‌ها باشد، آنگاه مقداری از اثر افزایش قیمت این حامل، توسط جانشینی سایر حامل‌ها جبران خواهد شد. میزان این جانشینی بستگی به این امر دارد که از نظر تکنیکی تا چه حد سایر حامل‌ها بتوانند جانشین آن گردند و مدت زمان این تعدیل چقدر است. بنابراین افزایش قیمت از یک سو باعث جانشینی سایر حامل‌های انرژی‌زا به جای آن خواهد شد و از سوی دیگر در کوتاه‌مدت باعث افزایش هزینه‌های تولید گشته و میزان تولید را کاهش خواهد داد. در بلندمدت نیز افزایش هزینه‌ها بستگی به توان جایگزینی سایر نهاده‌ها و حامل‌ها خواهد داشت. چنان‌چه قابلیت جایگزینی وجود داشته باشد، مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان اقدام به جایگزین نمودن منابع انرژی رقیب می‌نمایند (عمادزاده و همکاران، ۱۳۸۲).

همچنین در فرآیند توسعه اقتصادی، دگرگونی‌های ساختاری در سبک زندگی جامعه، رفتارهای مصرفی و ساختار تولیدی یک کشور منجر به تغییرات در شدت انرژی آن کشور می‌شود. محققان اقتصاد انرژی معتقدند که شدت انرژی یک کشور همگام با رشد درآمد سرانه ابتدا از یک فاز رشد گذشته و قبل از رسیدن به یک نقطه‌ی عطف کاهش می‌یابد. از این رو رابطه‌ی آن با درآمد سرانه به شکل U معکوس خواهد بود (مدلاک و سولیگو، ۲۰۰۱). از طرف دیگر باز بودن اقتصاد نیز سه اثر مقیاس، اثر تکنیکی و اثر ترکیبی 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 ممکن است مثبت یا منفی باشد که به

الگوی تخصص اقتصادها و مزیت‌های نسبی گوناگون آن‌ها بستگی دارد. اثر ترکیبی مصرف انرژی یک کشور را زمانی کاهش می‌دهد که اقتصاد آن در بخش‌های با انرژی‌بری کمتر تخصص دارد. اثر تکنیکی به تأثیر باز بودن اقتصادی بر بهره‌گیری از فناوری‌های انرژی‌اندوز و بهره‌مندی از تجارب جهانی در اقتصاد داخلی اشاره دارد. انتقال فناوری‌های انرژی-کارا از طریق سرمایه‌گذاری خارجی یا تجارت جهانی اثر مستقیم تکنیکی است و اثر باز بودن اقتصادی بر رشد اقتصادی و افزایش درآمد سرانه و به تبع آن گرایش عمومی به سمت محیط زیست پاک‌تر به اثر غیرمستقیم تکنیکی اشاره دارد. باز بودن بازرگانی این امکان را برای کشورهای در حال توسعه مهیا می‌سازد که از فناوری‌های کشورهای توسعه‌یافته در مسیر کاهش وابستگی به نهاده‌هایی مانند انرژی حرکت کنند، از این رو می‌تواند تأثیری منفی بر شدت انرژی داشته باشد (آدم، ۲۰۱۵).

همچنین نرخ ارز از طریق تأثیر بر قیمت‌ها (اعم از نهاده و ستاده)، تصمیمات واحدهای اقتصادی در سطح خانوار و بنگاه و از جمله تقاضای انرژی را متأثر می‌کند و در سطح کلان نیز بر متغیرهای تورم، بیکاری، صادرات، واردات، و تولید ناخالص داخلی اثر می‌گذارد. از سوی دیگر افزایش نرخ ارز باعث افزایش قیمت کالاهای واسطه‌ای وارداتی می‌شود و با توجه به این که بخشی از نهاده‌های تولید از طریق واردات تامین می‌شود و اغلب کشورهای در حال توسعه به واردات مواد اولیه، ماشین‌آلات تولیدی، کالاهای سرمایه‌ای و کالاهای مصرفی به منظور گسترش صنایع و رفع نیازهای مصرفی مردم نیازمند هستند، نرخ ارز و تغییرات آن متغیر مهمی برای تصمیم‌گیری در این مورد است (کاندیل و همکاران^۱، ۲۰۰۷).

علاوه‌براین در سال ۲۰۰۹، سازمان بین‌المللی انرژی، حکمرانی را به عنوان یک موضوع حیاتی برای سیاست‌ها و برنامه‌های بهره‌وری انرژی معرفی نمود (جولاندز و الیس^۲، ۲۰۰۹) و از آن به بعد مطالعات جهانی در مورد وجود حکمرانی خوب در حوزه انرژی مورد

1. Kandil et al.
2. Jollans and Ellis

توجه قرار گرفت. آژانس بین‌المللی توسعه^۱، حکمرانی خوب را به عنوان یک ابزار ضروری برای توسعه پایدار معرفی کرده که در بخش انرژی می‌تواند توانایی‌های کشورهای در حال توسعه را برای جذب FDI تقویت نموده و توسعه گسترده اقتصادی را تهییج نماید.

۲-۱. اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر شدت انرژی

به طور کلی در کشورهای در حال توسعه به دلیل برخورداری از شرایط ویژه، به طور معمول از فناوری در مقیاس محدود استفاده می‌کنند. به علت به روز نشدن اکثر فناوری‌های مورد استفاده در این کشورها، میزان کارایی عوامل تولید از جمله انرژی نسبتاً پایین است. حتی اگر بخشی از شکاف بهره‌وری با دستمزدهای پایین جبران شود، ناکارایی فنی بر کیفیت محصولات اثر می‌گذارد و توانایی و قابلیت آن‌ها را برای پاسخ‌گویی به نیازهای جدید بازار کاهش می‌دهد. این در حالی است که این کشورها می‌توانند از طریق FDI به فناوری مدرن دسترسی پیدا کنند و کارایی حاصل از کاربرد آن را افزایش دهند. همچنین بومی کردن این فناوری‌ها و توسعه‌ی فعالیت‌های مراکز تحقیق و توسعه، آثار سرریز FDI را افزایش می‌دهد (کاتراک^۲، ۱۹۸۵). نتایج مطالعه هرریاس و ارتس (۲۰۱۳) نیز نشان می‌دهد که انتقال تکنولوژی از طریق FDI و واردات تکنولوژی مناسب، موجب بهبود کارایی مصرف انرژی در چین شده است. در مطالعه مشابه دیگر، ادم (۲۰۱۵) نیز دریافته است که انتقال تکنولوژی از طریق ورود FDI موجب کاهش شدت انرژی در آفریقای جنوبی شده است. هابلر^۳ (۲۰۱۱) در مطالعه خود در ارزیابی شدت انرژی در چین به این نتیجه رسیده است که جریان ورود FDI باعث کاهش شدت انرژی در چین شده است.

علاوه‌براین FDI با انتقال فناوری باعث می‌شود که بهره‌وری عوامل تولید تغییر کند و انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید می‌تواند تحت تأثیر فناوری قرار بگیرد. پس

1. U.S. Agency for International Development
2. Katrak
3. Hubler

می‌توان اثر فناوری بر کارایی مصرف انرژی و شدت انرژی را این گونه بیان کرد که انرژی به تنهایی مصرف نمی‌شود، بلکه ترکیب آن با انباره‌ی سرمایه (تجهیزات و لوازم)، برای خدماتی مانند حمل‌ونقل و تولید کالاها به منظور دستیابی به سطحی از رضایت‌مندی مصرف می‌شود. بنابراین مصرف انرژی به کارایی انرژی، نرخ بهره‌گیری^۱ از انباره‌ی تجهیزات و مقیاس عملیاتی^۲ وابسته است. در نتیجه می‌توان نوشت:

$$E = \frac{u}{\varepsilon} K \quad (1)$$

که در آن E مصرف انرژی، u نرخ بهره‌مندی از سرمایه، ε کارایی انرژی کالاهای سرمایه‌ای و K انباره‌ی سرمایه است. همان گونه که فرمول (۱) نشان می‌دهد، بهبود کارایی انرژی از طرق ارتقای فناوری انرژی‌اندوز یکی از سازوکارهای اصلی کاهش مصرف انرژی است. با این وجود توسعه‌ی فناوری یک اقتصاد را توانمند می‌سازد که از انرژی کمتری برای رفع نیازهای اقتصادی بهره‌برد. دگرگونی فناوری به شکل انتقال منحنی تولید یکسان انجام می‌گیرد که تولید هر واحد از محصول را با اندازه‌ی کمتری نهاده ممکن می‌کند. برای نشان دادن چگونگی تأثیر پیشرفت فناوری بر شدت انرژی یک اقتصاد سه‌بخشی در برگیرنده‌ی بخش‌های کشاورزی A ، صنعت I و خدمات S را در نظر بگیرید. جمع مصرف انرژی بخش‌ها، انرژی مصرف شده‌ی کل اقتصاد را نشان می‌دهد ($E = E_A + E_I + E_S$). شدت انرژی در هر بخش را با E_i/Y_i نشان داده که Y_i تولید هر بخش و E_i انرژی مصرف شده‌ی هر بخش را نشان می‌دهد و جمع تولید هر سه بخش هم تولید کل اقتصاد است. پس شدت انرژی کل اقتصاد به شکل زیر خواهد بود:

$$\frac{E}{Y} = \frac{E_A + E_I + E_S}{Y} = \frac{E_A}{Y_A} \cdot \frac{Y_A}{Y} + \frac{E_I}{Y_I} \cdot \frac{Y_I}{Y} + \frac{E_S}{Y_S} \cdot \frac{Y_S}{Y} \quad (2)$$

$$\frac{E}{Y} = \frac{E_A}{Y_A} \theta_A + \frac{E_I}{Y_I} \theta_I + \frac{E_S}{Y_S} \theta_S \quad (3)$$

-
1. Utilization Rate
 2. The Scale of the Operation

که در آن سهم بخش i از کل تولید اقتصاد و $\theta_A + \theta_I + \theta_S = 1$ است. بنابراین، شدت انرژی کل حاصل مجموع وزنی شدت انرژی هر بخش است. با توجه به روابط مذکور می‌توان نحوه‌ی تأثیر فناوری بر شدت انرژی را نشان داد (مدلاک^۱، ۲۰۱۱):

$$\frac{E}{Y} = \frac{\left(\frac{u_A}{\varepsilon_A}\right)K_A}{Y_A} \cdot \theta_A + \frac{\left(\frac{u_I}{\varepsilon_I}\right)K_I}{Y_I} \cdot \theta_I + \frac{\left(\frac{u_S}{\varepsilon_S}\right)K_S}{Y_S} \cdot \theta_S \quad (۴)$$

بر اساس معادله‌ی (۴)، افزایش در کارایی انرژی (بهره‌مندی از فناوری‌های جدید) در هر بخش به کاهش شدت انرژی آن بخش و شدت انرژی کل می‌انجامد. به طور مثال اگر از معادله‌ی (۴) نسبت به کارایی انرژی بخش صنعت دیفرانسیل گرفته شود، این مسأله مشخص می‌شود:

$$\frac{d(E/Y)}{d\varepsilon_I} = -\frac{(u_I/\varepsilon_I^2)}{Y_I} \cdot \theta_I < 0 \quad (۵)$$

شایان ذکر است که بیشترین تأثیر فناوری بر بخشی خواهد بود که بیشترین سهم را از تولید کل دارد. ارزشمندی این مسأله برای سیاست‌گذاری‌های انرژی است.

۲-۲. اثر واردات کالاهای سرمایه‌ای بر شدت انرژی

اثرات سرریز دانش و تکنولوژی علاوه بر سطح ملی، در سطح بین‌المللی نیز روی می‌دهند. هال و اسکویی^۲ (۲۰۰۶) بیان می‌کنند که اثرات سرریز دانش و تکنولوژی در سطح بین‌المللی همواره مهم هستند. به طور کلی واردات، با ایجاد سهولت در دسترسی شرکت‌های داخلی به عوامل واسطه‌ای مورد نیاز و تکنولوژی‌های خارجی به ویژه کالاهای سرمایه‌ای خارجی، زمینه‌ی افزایش تولید و بهره‌وری را برای کشور وارد کننده فراهم می‌کند. استفاده از تجهیزات و کالاهای سرمایه‌ای خارجی سبب افزایش تقاضا عوامل تولید می‌شود که انرژی هم به عنوان یکی از عوامل تولید، تقاضای آن افزایش پیدا می‌کند. اگر واردات کالاهای سرمایه‌ای دارای تکنولوژی کارآمد و انرژی اندوز باشد، باعث افزایش تولید بیش از افزایش تقاضای انرژی شود. به عبارت دیگر، از یک طرف تولیدات

1. Medlock
2. Hall and Scobie

انجام گرفته با تکنولوژی‌های پیشرفته دارای ارزش افزوده‌ی بیشتر و از طرف دیگر با انرژی کم‌تری تولید شده‌اند که هر دوی این‌ها باعث کاهش شدت انرژی می‌شود. در حقیقت در کشورهای درحال توسعه، اکتساب و واردات تکنولوژی در مراحل اولیه‌ی توسعه‌ی اقتصادی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند، در حالی که توسعه‌ی تکنولوژی داخلی در مراحل بعدی توسعه اتفاق می‌افتد. این حقیقت به طور ضمنی نشان می‌دهد که استراتژی توسعه‌ی تکنولوژی باید بر اساس مراحل توسعه تدوین شود (کوندو^۱، ۲۰۰۱).

با این وجود ورود بنگاه‌های خارجی ممکن است موجب فراهم آوردن اثرات جانبی تکنولوژیکی برای بنگاه‌های داخلی از چند طریق شود. اگر چه به کارگیری تکنولوژی‌های نوین توسط بنگاه‌های چند ملیتی و تقلید آن تکنولوژی‌ها توسط بنگاه‌های داخلی، شاید بدیهی‌ترین کانال انتقال باشد؛ اما به کارگیری تکنولوژی جدید برای بنگاه‌های داخلی بدلیل هزینه‌های ذاتی در اکتساب دانش آن و عدم اطمینان از نتایج احتمالی حاصل از آن‌ها ممکن است خیلی گران و همراه با ریسک باشد. بنابراین مشاهده موفقیت بنگاه‌های چند ملیتی در بکارگیری تکنولوژی‌های نوین، بنگاه‌های داخلی را برای واردات تکنولوژی‌ها به ویژه واردات کالاهای سرمایه‌ای کارآمد و برای استفاده از آن تشویق می‌نماید و سریز ممکن در اثر رقابت با بنگاه‌های خارجی فراهم گردد. همچنین چنان‌چه بنگاه‌های خارجی نسبت به بنگاه‌های داخلی از تکنولوژی برتری برخوردار باشند، فشار رقابتی در مقابل بنگاه‌های خارجی می‌تواند بنگاه‌های داخلی را مجبور به کارگیری تکنولوژی‌های نوین نماید که این تکنولوژی‌ها یا بوسیله بخش تحقیق و توسعه بنگاه‌ها یا واردات صورت می‌گیرد و باعث افزایش بهره‌وری عوامل تولید از جمله انرژی و کاهش شدت انرژی شود. بنگاه‌های داخلی با افزایش بهره‌وری عوامل تولید و به کارگیری روش‌های نوین مدیریتی نیز می‌توانند به ارائه محصولات با کیفیت برتر برای کسب سهمی از بازار محصولات چه در داخل چه در خارج اقدام نمایند (ایتکن و هریسون^۲، ۱۹۹۹).

1. Kondo
2. Aitken and Harrison

۴-۲. مروری بر مطالعات تجربی

با توجه به عوامل مؤثر بر شدت انرژی، مطالعات متفاوتی نیز در این ارتباط انجام گرفته که در این بخش به مرور برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود. در جدول (۱) و (۲) به ترتیب مطالعات خارجی و داخلی ارائه شده است.

جدول (۱). مطالعات تجربی داخلی

نویسندگان	دوره و نمونه	نتایج
آرمن و تقی‌زاده (۱۳۹۲)	۱۳۷۴-۱۳۸۹ ایران	قیمت انرژی و سطح تکنولوژی، رابطه معکوس با شدت انرژی دارند و همچنین اصلاح قیمت انرژی، افزایش سطح تکنولوژی و کنترل نرخ تورم به عنوان سیاست‌هایی مستمر، می‌توانند در کاهش شدت انرژی مؤثر باشند.
اقبال و همکاران (۱۳۹۴)	۱۹۸۵-۲۰۰۹ کشورهای منتخب نفتی و غیر نفتی	تولید ناخالص داخلی با شدت مصرف انرژی، ارتباط منفی و همچنین جمعیت و مساحت دارای ارتباط مثبت و معنادار بر شدت انرژی است.
مکیان و همکاران (۱۳۹۴)	۱۳۷۸-۱۳۹۰ ایران	تجزیه شدت انرژی حکایت از این دارد که اثر تکنولوژی کمترین تأثیر را بر شدت انرژی داشته و تغییرات قیمت نهاده‌ها، مهمترین عوامل شدت انرژی هستند.
فرج‌زاده (۱۳۹۴)	۱۳۵۲-۱۳۹۰ ایران	بر اساس تجزیه شدت انرژی، افزایش شدت انرژی اغلب ناشی از تغییر کارایی بوده است. همچنین متغیرهای تولید ناخالص داخلی، سرمایه سرانه و نیروی کار شهرنشینی مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر شدت انرژی و اجزای آن هستند.
شهبازی و همکاران (۱۳۹۴)	۲۰۰۲-۲۰۱۱ کشورهای عضو اپک	فرضیه خطی بودن رابطه اندازه دولت و حکمرانی خوب با شدت انرژی رد شده و متغیر حکمرانی خوب اثر منفی و معنادار بر این متغیر دارد.
عاشوری و همکاران (۱۳۹۸)	استان‌های ایران ۱۳۸۷-۱۳۹۴	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.

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۲). مطالعات تجربی خارجی

نویسندگان	دوره و نمونه	نتایج
ژا و همکاران ^۱ (۲۰۱۲)	۱۹۸۶-۱۹۹۶ چین	تکنولوژی اثر منفی بر شدت انرژی داشته و افزایش قیمت انرژی، در بلندمدت باعث جایگزینی سرمایه به جای انرژی بوده است.
سادورسکی ^۲ (۲۰۱۳)	۱۹۸۰-۲۰۱۰ ۷۶ کشور در حال توسعه	در بلندمدت افزایش در درآمد، شدت انرژی را کاهش و همچنین صنعتی شدن، شدت انرژی را افزایش می‌دهد.
هرریاس و ارتس (۲۰۱۳)	۱۹۸۵-۲۰۰۸ چین	سرمایه‌گذاری‌های مستقیم خارجی و خصوصی نقش اصلی را در کاهش شدت انرژی در چین داشته است.
ادم (۲۰۱۵)	۲۰۱۱-۱۹۷۰ آفریقای جنوبی	تغییر در ساختار تجارت، انتقال تکنولوژی از طریق FDI و صنعت‌زدایی از دلایل اصلی کاهش مصرف انرژی است.
فیلیپوویچ و همکاران ^۳ (۲۰۱۵)	۱۹۹۰-۲۰۱۲ کشورهای عضو اتحادیه اروپا	قیمت انرژی، مالیات انرژی و سرانه تولید ناخالص داخلی دارای تأثیر منفی بر شدت انرژی، در حالی که رشد مصرف ناخالص داخلی و سرانه مصرف نهایی انرژی، اثر مثبت داشته است.
هرریاس و همکاران ^۴ (۲۰۱۶)	۲۰۰۶-۲۰۱۰ چین	فرایند تغییر تکنولوژی از طریق نوآوری داخلی و خارجی نقش مهمی در بهبود بهره‌وری انرژی چین ایفا کرده است و سرمایه‌گذاری خصوصی، نقش مهمی در کاهش شدت انرژی داشته است.
کانو و همکاران ^۵ (۲۰۲۰)	۱۹۹۰-۲۰۱۴ کشورهای نوظهور	با وجود این که FDI دارای اثر معنادار بر شدت انرژی است، این اثر در کشورهای نوظهور مختلف، ناهمگن است. همچنین ظرفیت ابداع و نوآوری دارای نقش مهمی در این زمینه است. ساختار صنعتی کشورها به عنوان یک متغیر انتقالی، در تعیین اثر FDI بر شدت انرژی مهم است.

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به مطالعاتی تجربی ارائه شده در دو جدول بالا، وجه تمایز مطالعه حاضر را این گونه می‌توان خلاصه کرد: الف) مطالعه‌ای به ارزیابی و مقایسه اثر FDI و واردات

1. Zha et al.
2. Sadorsky
3. Filipovic et al.
4. Herrerias et al.
5. Cao et al.

کالاهای سرمایه‌ای به عنوان دو شیوه اصلی انتقال فناوری و تکنولوژی بین‌المللی بر شدت انرژی در اقتصاد ایران نپرداخته است. ب) مطالعه حاضر از داده‌ها و اطلاعات جمعی‌سازی نشده در سطح بخش‌های اقتصادی ایران استفاده کرده و از داده‌های سطح کلان اقتصاد به دلیل وجود مشکلاتی که می‌تواند در کاربرد از این داده‌ها از جمله خطای ترکیب وجود داشته باشد، استفاده نشده است. بر این اساس، سیاست‌گذاری و توصیه سیاستی بر اساس داده‌های جمعی‌سازی نشده دقیق‌تر و کارا تر خواهد بود. ج) در این مطالعه علاوه بر سایر متغیرهای توضیحی، متغیرهای اساسی الگو شامل متغیر شدت انرژی، میزان واردات کالاهای سرمایه‌ای به هر بخش اقتصاد و FDI در هر بخش اقتصاد با رجوع به پایگاه‌ها و اطلاعات سازمان‌های اصلی ارائه کننده آن استخراج شده است، به گونه‌ای که تحلیل‌های ارائه شده دقیق باشد. برای مثال برای داده‌های واردات کالاهای سرمایه‌ای، پژوهشگران مجبور به تطبیق کدهای مختلف کالایی نظام‌های رایج کدگذاری کالاها در جریان بین‌المللی کالاها بوده‌اند و برای جمع‌آوری داده‌های FDI به تفکیک بخش‌های اقتصادی ایران نیز از مساعدت سازمان سرمایه‌گذاری و کمک‌های اقتصادی و فنی ایران بهره گرفته شده است.

د) روش تخمین مورد استفاده در این مطالعه است که با توجه به چسبندگی مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران، از روش داده‌های تابلویی پویا استفاده شده است که اجازه ورود متغیر وابسته باوقفه را به عنوان یک متغیر توضیحی می‌دهد. علاوه بر این متغیرهای توضیحی با وقفه نیز به عنوان تعیین کننده‌های شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران در نظر گرفته شده‌اند. بر این اساس می‌توان بیان کرد که روش تخمین مورد استفاده در این مطالعه، به نوعی روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی^۱ در داده‌های تابلویی است.

۳. الگو و متغیرها

با توجه به اهداف پژوهش و به منظور شناخت عوامل مؤثر بر شدت انرژی بخش‌های اقتصادی ایران، نیاز به مطالعه روابط متقابل شدت انرژی با سطح تولید و دیگر عوامل مؤثر بر شدت انرژی است. به منظور الگوسازی این روابط، مناسب‌ترین فرم تابع که ضمن داشتن پایه‌های خرد اقتصادی، هم‌جهت با هدف پژوهش نیز باشد، تابع هزینه ترانسلوگ است (کریستنسن و همکاران^۱، ۱۹۷۳). بر این اساس تابع هزینه کل به صورت زیر است:

$$C = F(p_1, \dots, p_n, Q, T, S) \quad (۶)$$

که p_1, \dots, p_n قیمت نهاده‌های تولید، و T و S متغیرهایی هستند که در طول زمان تغییر می‌کنند و به ترتیب نشان دهنده تغییرات تکنولوژی و تغییرات ساختار تولید هستند. متغیر S نشان می‌دهد که هزینه‌ی تولید کل ممکن است به ساختار تولید بستگی داشته باشد. با توجه به ویژگی‌های ارائه شده در مورد فرم تبعی ترانسلوگ در ادبیات تجربی در ابتدا توسط دایورت^۲ (۱۹۷۴) و مطالعات بعد از آن، بنابراین تابع هزینه واحد با توجه به معادله (۶) را می‌توان این گونه بیان کرد:

$$\begin{aligned} \ln C = & \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln p_i + 0.5 \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j + \beta_T T + 0.5 \beta_{TT} T^2 \\ & + \sum_i \beta_{iT} \ln p_i T + \beta_S \ln S + 0.5 \beta_{SS} (\ln S)^2 + \sum_i \beta_{iS} \ln p_i \ln S + \beta_{TS} T \ln S \end{aligned} \quad (۷)$$

برای تأمین شرط تابع هزینه نرمال و خوش رفتار، دو شرط تقارن و همگنی از درجه یک در قیمت نهاده‌ها، بر تابع هزینه اعمال می‌شود. شرط همگنی به شرح زیر است (نانگ و همکاران^۳، ۲۰۰۶).

$$\sum_i \beta_i = 1, \quad \sum_i \beta_{ij} = 0 \quad \text{for } j=1, \dots, n \quad (۸)$$

جهت استخراج توابع هزینه نهاده‌ها، بوسیله قضیه لم شفارد، از معادله (۷) نسبت به

-
1. Christensen et al.
 2. Diewert
 3. Nanag et al.

قیمت هر یک از نهاده‌ها تولید مشتق گرفته می‌شود (شفارد، ۱۹۷۰). فرم کلی توابع سهم هزینه نهاده تولید به صورت زیر است:

$$S_i = \beta_i + \sum_j \beta_{ij} Lnp_j + \beta_{iT} T + \beta_{iS} LnS \quad (۹)$$

با توجه به اهمیت نهاده انرژی در این مطالعه، معادله سهم هزینه‌ای انرژی به صورت زیر قابل بازنویسی است:

$$S_E = \beta_E + \beta_{EK} Ln\left(\frac{P_K}{P_M}\right) + \beta_{EL} Ln\left(\frac{P_L}{P_M}\right) + \beta_{EE} Ln\left(\frac{P_E}{P_M}\right) + \beta_{ET} T + \beta_{ES} LnS + u_E \quad (۱۰)$$

در این صورت می‌توان e به عنوان شدت انرژی را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$e = \frac{E}{Q} = \left(\frac{P_Q}{P_E}\right) S_E = \frac{P_Q}{P_E} \left[\beta_E + \beta_{EK} Ln\left(\frac{P_K}{P_M}\right) + \beta_{EL} Ln\left(\frac{P_L}{P_M}\right) + \beta_{EE} Ln\left(\frac{P_E}{P_M}\right) + \beta_{ET} T + \beta_{ES} LnS + u_E \right] \quad (۱۱)$$

همچنین این پژوهش به طور ویژه به دنبال ارزیابی اثر FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای (CGI) بر شدت انرژی است. بر این اساس این دو متغیر از طریق تغییرات تکنولوژی (T) می‌تواند در الگو وارد شوند (برنستین و موهنن، ۱۹۹۸؛ ولج و اوشن، ۲۰۰۵؛ ژا و همکاران، ۲۰۱۲؛ هرریاس و ارتس، ۲۰۱۳؛ ادم، ۲۰۱۵). علاوه بر این باز بودن تجاری بر استفاده از عوامل تولید از طریق تغییرات ساختار تولید (S) اثرگذار است. افزایش اثر تجارت سبب افزایش احتمال انتقال فناوری، دسترسی به کالاهای سرمایه‌ای و دستیابی به ایده‌های جدید مدیریت تولید می‌شود.

در نهایت باید اشاره کرد که به طور کلی برای رشد تولید و فعالیت‌های اقتصادی

باید از عوامل تولید بیشتر استفاده کرد که باعث افزایش تقاضای آن عامل و به دنبال آن تغییراتی در شدت استفاده از آن می‌شود. در مورد عامل تولید انرژی، در طی فرآیند رشد اقتصادی و در مرحله‌ی صنعتی شدن به سبب گسترش زیرساخت‌ها و دیگر فعالیت‌های اقتصادی انرژی‌بر، مصرف انرژی افزایش می‌یابد. این در حالی است که پس از صنعتی شدن به دلیل افزایش صنایع خدماتی و پیشرفت تکنولوژی و تولید محصولات با فناوری بالا و ارزش افزوده بیشتر، شدت انرژی کاهش می‌یابد. از این رو رابطه‌ی آن با درآمد به شکل U معکوس خواهد بود (سانگ و ژنگ^۱، ۲۰۱۲؛ درگاهی و بیابانی، ۱۳۹۴). بر این اساس ارزش افزوده هر بخش و توان دوم آن از طریق تغییرات ساختار تولید (S) می‌تواند بر تقاضای عوامل تولید اثرگذار باشد.

در این صورت فرم اقتصادسنجی با لگاریتم طبیعی متغیرها به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \ln E_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln PPI_{it} + \alpha_3 \ln P_t + \ln FDI_{it} + \alpha_2 \ln CGI_{it} + \\ & \alpha_4 \ln OPEN_{it} + \alpha_5 \ln VA_{it} + \alpha_6 \ln VA_{it}^2 + \alpha_7 REXR_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (12)$$

در معادله بالا، E_{it} شدت مصرف انرژی (برابر نسبت مصرف نهایی انرژی به میلیون بشکه معادل نفت خام به میلیون دلار)، FDI_{it} جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (میلیون دلار)، CGI_{it} میزان ورود کالاهای سرمایه‌ای (میلیون دلار)، $OPEN_{it}$ باز بودن تجاری یا اثر تجارت (برابر با مجموع صادرات و واردات در بخش اقتصادی به ارزش افزوده در بخش اقتصادی)، VA_{it} ارزش افزوده (میلیون دلار)، VA_{it}^2 مجذور ارزش افزوده، PPI_{it} شاخص قیمت بهای تولیدکننده برای هر بخش اقتصادی در سال t ، P_t قیمت انرژی (برابر با شاخص قیمت انرژی) و $REXR_t$ نرخ ارز حقیقی در سال t برای کل اقتصاد است. نکته‌ای که باید اشاره کرد که آن است که قیمت عوامل تولید در معادلات بالا، در متغیر شاخص بهای تولیدکننده بخش مورد نظر تجمیع شده‌اند که برای نمونه می‌توان به مطالعه فیشر-واندن و همکاران (۲۰۰۴) اشاره کرد.^۲

1. Song and Zheng

۲. برای توضیح بیشتر در مورد متغیرها به پیوست مراجعه شود.

۴. نتایج تجربی

به طور کلی می‌توان بیان کرد که الگوی انتخاب شده برای تجهیز و کمی کردن تحت سه سناریو انجام می‌شود. در سناریوی اول، الگو تنها با متغیر واردات کالاهای سرمایه‌ای؛ در سناریوی دوم، الگو با متغیر *FDI* و در نهایت در سناریوی سوم، الگو با هر دو متغیر اشاره شده مورد برآورد قرار خواهد گرفت.

به منظور اطمینان از پایایی داده‌ها پیش از برآورد الگو، لازم است مانایی تمام متغیرهای مورد استفاده مورد آزمون قرار گیرند. برای این منظور از آزمون‌های لوین، لین و چو^۱ (۲۰۰۲) و ایم، پسران و شین^۲ (۲۰۰۳) استفاده شده است. جدول (۳)، نتایج آزمون ریشه واحد را نشان می‌دهد.

جدول (۳). نتایج آزمون ریشه‌ی واحد متغیرهای الگوها

IPS		LLC		نام متغیر	
احتمال	آماره	احتمال	آماره		
(۰/۹۳)	-۰/۷۱	(۰/۸۷)	-۰/۷۰	سطح	لگاریتم شدت انرژی
(۰/۰۰)	-۳/۳۷	(۰/۰۰)	-۶/۳۳	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۹۵)	-۰/۶۳	(۰/۳۷)	-۱/۲۴	سطح	لگاریتم قیمت انرژی
(۰/۰۰)	-۴/۶۵	(۰/۰۰)	-۸/۶۲	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۷۸)	-۱/۰۵	(۰/۶۵)	-۲/۲۸	سطح	لگاریتم ارزش افزوده
(۰/۰۰)	-۳/۰۷	(۰/۰۰)	-۶/۳۷	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۶۰)	-۱/۳۲	(۰/۶۰)	-۲/۴۲	سطح	مجذور لگاریتم ارزش افزوده
(۰/۰۰)	-۳/۱۰	(۰/۰۰)	-۶/۴۱	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۶۶)	-۱/۲۴	(۰/۲۶)	-۲/۳۵	سطح	لگاریتم واردات کالاهای سرمایه‌ای
(۰/۰۰)	-۴/۷۵	(۰/۰۰)	-۷/۷۸	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۱۲)	-۲/۴۲	(۰/۰۰)	-۴/۲۳	سطح	لگاریتم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی
(۰/۰۰)	-۴/۷۶	(۰/۰۰)	-۵/۶۰	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۹۹)	۲/۱۳	(۰/۹۹)	۲/۱۲	سطح	لگاریتم باز بودن تجاری
(۰/۰۸)	-۲/۲۷	(۰/۹۹)	-۱/۲۳	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۵۳)	-۱/۵۰	(۰/۶۶)	-۰/۳۰	سطح	لگاریتم شاخص بهای تولید کننده
(۰/۰۱۵)	-۲/۷۶	(۰/۰۰)	-۶/۸۸	تفاضل مرتبه اول	

1. Levin, Lin and Chu
2. Im, Pesaran and Shin (IPS)

IPS		LLC		نام متغیر	
احتمال	آماره	احتمال	آماره	سطح	لگاریتم نرخ ارز حقیقی
(۰/۷۰)	-۱/۱۸	(۰/۵۸)	-۱/۴۶	تفاضل مرتبه اول	
(۰/۱۰۰)	-۲/۸۹	(۰/۱۰۰)	-۶/۸۶		

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج جدول (۳)، متغیر FDI در سطح و سایر متغیرها پس از یکبار تفاضل‌گیری پایا می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون ریشه‌ی واحد برای متغیرهای الگو، به دلیل وجود ریشه واحد برای متغیرها و همچنین تفاوت مرتبه‌ی جمعی متغیرها، برای جلوگیری از برآورد رگرسیون کاذب باید از آزمون هم‌جمعی استفاده شود. بر اساس نتایج جدول (۴) و با توجه به آزمون هم‌جمعی کائو، متغیرهای مورد استفاده در الگو هم‌جمع هستند و بدون نگرانی از رگرسیون کاذب، می‌توان این الگوها را برآورد کرد.

جدول (۴). نتایج آزمون هم‌جمعی برای متغیرهای الگوها

آزمون	الگوی همراه با واردات کالاهای سرمایه‌ای	الگوی همراه با FDI
آزمون کائو	-۳/۹۸ (۰/۱۰۰)	-۳/۶۱ (۰/۱۰۰)

نکته: اعداد داخل پرانتز، احتمال پذیرش فرضیه‌ی صفر هستند.

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به وجود ریشه واحد در متغیرها، وجود چسبندگی در مصرف انرژی و شدت انرژی و همچنین کارایی بالاتر روش‌های گشتاوری تعمیم‌یافته، برای تخمین الگوها از روش آرلانو و باند^۱ در فضای داده‌های تابلویی پویا^۲ استفاده می‌شود. نتایج تخمین این سه الگو به ترتیب در جدول (۵) قابل مشاهده است.

با توجه به نتایج جدول (۵)، ضریب شدت انرژی باوقفه مثبت و معنادار است. با

1. Arellano and Bond
2. Dynamic Panel

توجه به این که شدت انرژی به ساختار فعالیت‌های اقتصادی و تکنولوژی‌های به کار رفته بستگی دارد و با وجود چسبندگی شدت انرژی و بهره‌وری پایین انرژی، انتظار می‌رود که اثر شدت انرژی در دوره جاری به دوره بعد گسترش یابد. شاخص قیمت انرژی در سطح و همچنین با وقفه در تمامی الگوها بر شدت انرژی اثر منفی دارد. می‌توان بیان کرد که با افزایش شاخص قیمت انرژی، انگیزه‌ای وجود دارد که صاحبان سرمایه‌های انرژی‌بر به سمت افزایش کارایی انرژی متمایل شوند که این فرآیند می‌تواند با بهسازی سرمایه‌های موجود یا جایگزینی آن‌ها صورت گیرد و در نتیجه باعث کاهش شدت مصرف انرژی می‌شود. این نتایج سازگار با مطالعات آرمن و تقی‌زاده (۱۳۹۲)، مکیان و همکاران (۱۳۹۴)، ژا و همکاران (۲۰۱۲)، فیلیپوویچ و همکاران (۲۰۱۵) است.

جدول (۵). نتایج برآورد الگوی اول شدت انرژی به روش آرلانو و باند

نام متغیر	الگوی همراه با واردات کالاهای سرمایه‌ای	الگوی همراه با FDI	الگوی همراه با FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای
عرض از مبدأ	۰/۷۸ [۲/۳۶]	۰/۱۳ [۲/۱۳]	-۷/۷۴*** [۲/۴۱]
لگاریتم شدت انرژی باوقفه	وقفه اول	۰/۲۸*** [۰/۰۶]	۰/۲۳*** [۰/۰۶]
	وقفه دوم	۰/۰۸ [۰/۰۵]	-
لگاریتم شاخص قیمت انرژی	در سطح	-۰/۰۵۷** [۰/۰۲۴]	-۰/۰۱۲ [۰/۰۳]
	با وقفه	-۰/۰۸*** [۰/۰۲]	-۰/۰۳۴ [۰/۰۳]
لگاریتم ارزش افزوده	۰/۴۳ [۰/۳۱]	-۰/۸۴*** [۰/۳۱]	-۰/۹۱*** [۰/۳۳]
مجدور لگاریتم ارزش افزوده	-۰/۰۵*** [۰/۰۱]	۰/۰۲ [۰/۰۲]	۰/۰۲ [۰/۰۲]
لگاریتم واردات کالاهای سرمایه‌ای	در سطح	-	۰/۰۱ [۰/۰۲]
	با وقفه	-	۰/۰۶*** [۰/۰۲]
لگاریتم	-	۰/۰۳*** [۰/۰۱]	۰/۰۳** [۰/۰۱]

نام متغیر	الگوی همراه با واردات کالاهای سرمایه‌ای	الگوی همراه با FDI	الگوی همراه با FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	-	[-۰/۰۸] -۰/۰۲**	[-۰/۰۱] -۰/۰۲**
لگاریتم نرخ ارز حقیقی	در سطح	[۰/۱۲] ۰/۷۵***	[۰/۱۲] ۰/۷۳***
	با وقفه	[۰/۱۲] -۰/۴۲***	[۰/۱۲] -۰/۴۱***
بازبودن تجاری	در سطح	[۰/۱۱] -۰/۱۲	[۰/۰۹] -۰/۱۸**
	با وقفه	[۰/۱۴] ۰/۳۶***	[۰/۲۱] ۱/۳۶***
لگاریتم شاخص قیمت تولید کننده	در سطح	[۰/۱۴] ۰/۷۱***	[۰/۱۴] ۰/۲۶۲*
	با وقفه	[۰/۱۳] -۰/۶۴***	[۰/۱۴] -۰/۱۷
آزمون‌های تشخیصی	والد	(۰/۰۰) ۵۲۱۳/۵۸	(۰/۰۰) ۶۶۵۰/۸۴
	سارگان	(۰/۰۸۱) ۸۴/۱۱	(۰/۴۰۶) ۳۹/۴۱۰
تعداد مشاهدات	۶۰	۵۴	۵۴

نکته: اعداد داخل کروشه، انحراف معیار هستند. ***: معناداری در ۱ درصد، **: معناداری در ۵ درصد و *: معناداری در ۱۰ درصد را نشان می‌دهند.

منبع: یافته‌های پژوهش

اگر چه متغیر ارزش افزوده در الگوی اول بر شدت انرژی اثر مثبت و البته غیرمعنادار دارد، مجذور ارزش افزوده بخش‌ها بر شدت انرژی، اثر منفی و معنادار دارد. نتایج حاکی از غیرخطی بودن رابطه شدت انرژی با درآمد و به عبارتی U معکوس است. همچنین با توجه به نتایج، بر روی شاخه‌ی صعودی منحنی U معکوس بخش‌های مورد نظر قرار گرفته‌اند. با این وجود، متغیر ارزش افزوده در الگوی دوم و سوم بر شدت انرژی، اثر منفی و معنادار دارد. این مطلب نشان می‌دهد که با ورود متغیر FDI، فعالیت بخش‌های با انرژی‌بری پایین بیشتر خواهد شد و در نتیجه باعث می‌شود که ارزش

افزوده بیشتری نسبت به مصرف انرژی حاصل شود. علاوه بر این مجذور ارزش افزوده بخش‌ها در دو الگوی دوم و سوم، معنادار نیست. این نتایج سازگار با مطالعات تجربی از جمله سادورسکی (۲۰۱۳) است.

علاوه بر این در الگوی اول، واردات کالاهای سرمایه‌ای در بخش‌های اقتصادی ایران، در سطح اثر غیرمعنادار و با وقفه اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی دارد. با توجه به فراوانی و ارزان بودن انرژی در کشور، اقتصاد ایران و بخش‌های اقتصادی آن شاهد ورود کالاهای سرمایه‌ای با کارایی کم و بهره‌وری پایین انرژی بوده است که عمدتاً صنایع بزرگ با مصرف انرژی بالا و تجهیزات قدیمی، باعث افزایش مصرف انرژی و شدت مصرف انرژی می‌شود. بر این اساس می‌توان گفت که تکنولوژی‌های وارداتی به ویژه کالاهای سرمایه‌ای مورد استفاده در بخش‌های اقتصادی کشور، تکنولوژی‌های با انرژی‌بری بالا بوده است.

متغیر FDI در بخش‌های اقتصادی مورد مطالعه در دو الگوی دوم و سوم، در سطح بر شدت انرژی اثر مثبت و معنادار، ولی وقفه آن بر شدت انرژی اثر منفی و معنادار دارد. بر این اساس دو نکته را می‌توان اشاره کرد. اولاً جذب FDI در بخش‌های اقتصادی ایران به دلیل وفور منابع انرژی بوده است، به گونه‌ای که شدت انرژی را در آن دوره افزایش می‌دهد. ثانیاً بعد از یک دوره، با توجه به مدیریت همراه با ورود FDI، می‌توان شدت انرژی را کنترل کرد و در آن تغییراتی ایجاد کرد. به عبارتی ورود دانش و مدیریت همراه با FDI، قابلیت کاهش شدت انرژی را برای صاحبان مشاغل در بخش‌های مختلف اقتصادی، فراهم کرده است. این مطلب نکته مهمی است و می‌توان از آن در کاهش شدت انرژی استفاده کرد.

همچنین متغیر نرخ ارز حقیقی در سطح بر شدت انرژی اثر مثبت و معنادار دارد. با توجه به ضریب بدست آمده، نرخ ارز حقیقی تأثیر زیادی بر شدت انرژی نسبت به دیگر متغیرهای الگو دارد. علامت بدست آمده می‌تواند بیان‌گر آن باشد که فعالیت‌های

اقتصادی و متغیرهای کلان وابستگی شدیدی به نرخ ارز حقیقی دارد و با توجه به این که بخشی از نهاده‌های تولید ماشین‌آلات تولیدی و کالاهای سرمایه‌ای از طریق واردات تأمین می‌شود که غالباً انرژی‌بری بالایی دارند، افزایش نرخ ارز حقیقی باعث افزایش شدت انرژی شده است. همچنین باید اشاره کرد که تغییر در نرخ ارز حقیقی می‌تواند بر تولید و هزینه‌های تولید اثرگذار باشد. علاوه‌براین ضریب با وقفه‌ی آن اثر منفی و معنادار بر شدت انرژی دارد و نشان می‌دهد که بعد از تغییرات نرخ ارز حقیقی، تولیدکنندگان سعی در اصلاح ساختار تولیدی خود به منظور کاهش شدت انرژی داشته‌اند. این نتایج سازگار با مطالعات آرمن و تقی‌زاده (۱۳۹۲)، ژا و همکاران (۲۰۱۲)، هرریاس و ارتس (۲۰۱۳)، ادم (۲۰۱۵)، فیلیپوویچ و همکاران (۲۰۱۵) و هرریاس و همکاران (۲۰۱۶) است.

متغیر باز بودن تجاری در سطح اثر منفی و باوقفه‌ی آن، بر شدت انرژی اثر مثبت و معنادار دارد. این ضرایب موافق با انتظارات نظری است به گونه‌ای که انتظار می‌رود که بازتر شدن هر بخش اقتصادی، چه از طریق صادرات یا واردات بیشتر، در ابتدا شدت انرژی را کاهش دهد. اما بعد از یک دوره، با توجه به مبانی نظری، تجارت جهانی فعالیت‌های اقتصادی را افزایش می‌دهد و سبب دگرگونی فعالیت‌های اقتصادی می‌شود و با توجه به این که ساختار بخش‌های اقتصادی کشور بر اساس فراوانی و ارزان بودن انرژی بنا شده است، افزایش فعالیت‌های اقتصادی باعث افزایش بیشتر مصرف انرژی شده است. با این وجود، در الگوی اول، باز بودن تجاری در سطح معنادار نیست که می‌توان دلیل آن را وجود متغیر واردات کالاهای سرمایه‌ای بیان کرد. این نتایج سازگار با مطالعه ادم (۲۰۱۵) است.

در نهایت اثر شاخص قیمت تولیدکننده بخش‌های اقتصادی در سطح، بر شدت انرژی اثر مثبت و در تمام الگوها معنادار است. به طور کلی افزایش شاخص قیمت بهای تولید کننده، به معنای افزایش هزینه‌های تولید است. بر این اساس، افزایش بیشتر قیمت سایر

نهاده‌های تولید نسبت به قیمت انرژی موجب جانمایی انرژی به جای دیگر نهاده‌ها می‌شود. به عبارت دیگر در کوتاه‌مدت بنگاه‌ها آن چنان قدرت واکنش به افزایش قیمت سایر نهاده‌های تولید ندارند و در نتیجه جانمایی بین عوامل تولید را انجام خواهند داد. همچنین شاخص قیمت تولیدکننده با وقفه، اثر منفی بر شدت انرژی دارد و در الگوی اول معنادار است. این مطلب نشان می‌دهد که در دوره‌های بعد، فعالیت‌های اقتصادی نسبت به افزایش شاخص بهای تولیدکننده در آن بخش واکنش نشان داده و سعی در کاهش آن از طریق کنترل هزینه‌ها و از جمله کاهش شدت انرژی دارند.

در نهایت به منظور مقایسه‌ی ضریب FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای، ابتدا باید آزمون برابری ضرایب دو رگرسیون انجام شود. براساس مطالعات کلاگ و همکاران^۱ (۱۹۹۵) و پترنوستر و همکاران^۲ (۱۹۹۸)، برای آزمون برابری یک ضریب در دو رگرسیون مختلف، می‌توان از آزمون t به صورت زیر استفاده کرد.

$$t = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\sqrt{\text{var}(\beta_1) + \text{var}(\beta_2)}} \quad (13)$$

که با استفاده از آماره‌ی آزمون Z استاندارد می‌توان در سطح احتمال $0/05$ ، به تصمیم‌گیری جهت قبول یا رد فرضیه‌ی H_0 پرداخت. از این رو آزمون فرضیه^۳ به شرح ذیل جهت آزمون برابری ضرایب دو متغیر در دو رگرسیون مختلف صورت خواهد گرفت:

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 \\ H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \end{cases} \quad (14)$$

نتایج مربوط به آزمون برابری ضریب FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای بر شدت انرژی در بخش‌های کشاورزی، حمل و نقل و صنعت و معدن طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۷۲، در جدول (۶) ارائه شده است. طبق یافته‌های پژوهش در جدول (۶)، می‌توان ضریب FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای با وقفه را بر شدت انرژی، متفاوت دانست.

1. Clogg et al.
2. Paternoster et al
3. Statistical Hypothesis

جدول (۶). نتایج حاصل از آزمون برابری ضرایب دو رگرسیون

نتیجه	آماره آزمون	آزمون برابری ضرایب دو رگرسیون
عدم رد فرضیه H_0	$t = ۱/۱۲۰$ (۰/۱۴۵۶)	برابری ضریب FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای در سطح
رد فرضیه H_0	$t = -۲/۶۵۵$ (۰/۰۰۰)	برابری ضریب FDI و واردات کالاهای سرمایه‌ای با وقفه

توجه: اعداد داخل پرانتز، سطح احتمال در توزیع t استاندارد دو دنباله‌ای را نشان می‌دهند

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

شدت انرژی به عنوان یک نماگر اقتصادی از وضعیت کارایی انرژی، از جمله مهمترین شاخص‌هایی است که روند آن چگونگی بهره‌برداری اقتصادی از منابع انرژی برای دستیابی به ارزش افزوده در فرآیند تولید و کسب مطلوبیت در فرآیند مصرف نشان می‌دهد. اهمیت مسأله در اینجا است که کاهش شدت انرژی ضمن تأمین امنیت انرژی یک اقتصاد به حفاظت از منابع انرژی، رشد اقتصادی بیشتر و دستیابی به توسعه پایدار منتهی می‌شود. بر این اساس، دسترسی به تکنولوژی کارآمد و ذخیره کننده انرژی از شرایط لازم جهت کاهش شدت انرژی است و این در حالی است که یک کشور به چندین روش می‌تواند به دانش و تکنولوژی بین‌المللی دسترسی داشته باشد که می‌توان واردات کالاهای سرمایه‌ای و FDI را از روش‌های انتقال و سرریز دانش و تکنولوژی بین‌المللی معرفی کرد. از این‌رو در این مطالعه، اثر واردات کالاهای سرمایه‌ای و FDI به عنوان دو عامل تأثیرگذار بر شدت مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران طی دوره ۱۳۷۲-۱۳۹۶ مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. برای این منظور سه الگو مورد برآورد قرار گرفت که در الگوی اول تنها متغیر واردات کالاهای سرمایه‌ای، در الگوی دوم تنها متغیر FDI و در الگوی سوم هر دو متغیر، به عنوان متغیر توضیحی در نظر گرفته شدند.

بر اساس نتایج بدست آمده، ضریب شدت انرژی با وقفه مثبت و معنادار بوده است که با توجه به چسبندگی شدت انرژی نتایج با مبانی نظری سازگار است. شاخص قیمت انرژی با وقفه نیز اثر منفی و معنادار بر شدت انرژی دارد که با مبانی نظری سازگار است. متغیر ارزش افزوده در الگوی دوم و سوم بر شدت انرژی، اثر منفی و معنادار دارد. با این وجود در دو الگوی دوم و سوم، مجذور ارزش افزوده بخش‌ها، معنادار نیست که بر این اساس، رابطه‌ی میان شدت انرژی و ارزش افزوده خطی است. علاوه‌براین FDI در سطح اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی دارد و براساس نتایج، وقفه آن اثر منفی بر شدت انرژی دارد. این در حالی است که واردات کالاهای سرمایه‌ای اثر مثبت بر شدت انرژی دارد، ولی معنادار نیست؛ و وقفه آن در الگوی اول اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی دارد. در مورد متغیر باز بودن تجاری، در سطح اثر منفی و معنادار بر شدت انرژی دارد و با وقفه آن، اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی داشته است. شاخص بهای قیمت تولیدکننده نیز در سطح اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی دارد و با وقفه آن تنها در الگوی اول معنادار است و ضریب آن منفی است. در نهایت نرخ ارز حقیقی اثر مثبت و معنادار بر شدت انرژی دارد که با مبانی نظری سازگار است. این نتایج سازگار با مطالعات آرمین و تقی‌زاده (۱۳۹۲)، ژا و همکاران (۲۰۱۲)، هرریاس و ارتس (۲۰۱۳)، ادم (۲۰۱۵)، فیلیپوویچ و همکاران (۲۰۱۵) و هرریاس و همکاران (۲۰۱۶) است.

با توجه به نتایج حاصل شده توصیه‌های سیاستی زیر ارائه می‌شود:

- اثرگذاری شاخص قیمت انرژی بر شدت استفاده از آن، بستگی به نوع تکنولوژی مورد استفاده در تولید داشت. اگر از FDI در فرآیند تولید استفاده شود، ملاحظه شد که قیمت اثرگذار است، در حالی که وقتی از واردات کالاهای سرمایه‌ای استفاده می‌شود و فعالیت‌های تولیدی اقدام به واردات کالاهای سرمایه‌ای دارند، قیمت اثرگذار نیست. بر این اساس، توصیه سیاستی قابل ارائه در این زمینه، استفاده از FDI به عنوان فرآیند انتقال تکنولوژی به جای واردات کالاهای سرمایه‌ای است.

- ضریب واردات کالاهای سرمایه‌ای بر شدت انرژی، مثبت و معنادار بود. در نتیجه به نظر می‌رسد که اصلاحات اساسی در فرآیند تولید و استفاده از تکنولوژی‌های کارآمد و به روز به جای تکنولوژی موجود در اقتصاد ایران، یکی از راه‌هایی است که از طریق آن می‌توان شدت انرژی را به صورت اساسی در بخش‌های اقتصادی ایران اصلاح کرد.
- ضریب اثرگذاری FDI با یک وقفه بر شدت انرژی منفی و معنادار بود و بر خلاف ضریب متغیر واردات کالاهای سرمایه‌ای باوقفه که اثر مثبت بر شدت انرژی داشت، این متغیر می‌تواند شرایط لازم برای کاهش شدت انرژی را فراهم کند. این نتایج نشان دهنده آن است که مهم‌ترین مولفه‌های FDI که مدیریت کارآمد و تکنولوژی به روز است، می‌تواند به عنوان یک راه‌کار اساسی در اقتصاد ایران به منظور کاهش شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی، در الویت قرار گیرد.
- نرخ ارز حقیقی متغیری مؤثر بر شدت انرژی است. مقامات پولی باید نرخ ارز حقیقی را در یک محدوده مشخص کنترل و از نوسانات بیش از حد کوتاه‌مدت آن جلوگیری نماید، به گونه‌ای که نرخ ارز حقیقی به عنوان یک عامل مهم در تخصیص منابع و از جمله انرژی به عنوان نهاده تولید، به درستی عمل کند.

پیوست: متغیرهای پژوهش

جدول (۷). معرفی متغیرها و منابعی که آمار و اطلاعات متغیرها از آن بدست آمده است.

نام متغیر	توضیح	منبع
EI	شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران	وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، بانک اطلاعات انرژی، ترازنامه انرژی
FDI	جریان ورود FDI در بخش‌های مدنظر	سازمان سرمایه‌گذاری خارجی و کمک‌های اقتصادی و فنی
CGI	واردات کالاهای سرمایه‌ای در بخش‌های مورد مطالعه	سایت سازمان کمرگ ایران
P	شاخص قیمت انرژی در اقتصاد ایران	وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، بانک اطلاعات انرژی، ترازنامه انرژی
TR	ادغام تجاری یا اثر تجارت در	سایت مرکز آمار ایران

	بخش‌های اقتصادی ایران	
سایت بانک مرکزی ایران	نرخ ارز حقیقی بر اساس نرخ بازار غیررسمی	EXR
سایت بانک مرکزی ایران	شاخص قیمت بهای تولیدکننده هر بخش	PPI
سایت بانک مرکزی ایران	ارزش افزوده هر بخش	VA

منابع:

- Adom, P. K. (2015). Determinants of energy intensity in South Africa: Testing for structural effects in parameters. *Energy*, 8, 334-346.
- Ashouri, M., Parsa, H. & Heidari E. (2019). Factors Affecting Energy Intensity in Provinces of Iran: Bayesian Averaging Approach. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*. 5 (1), 29-63.
- Armen, S. & Taghizadeh, S. (2013). Assessment of Effective Factors on Energy Intensity in Iran's Industrial Manufacturing. *Iranian Energy Economics*, 2(8), 1-20.
- Bernstein, J. & Mohen, P. (1998). International R&D spillovers between U.S. and Japanese R&D intensive sectors. *Journal of International Economics*, 44, 389-395.
- Cao, W., Chen, S. & Huang, Z. (2020). Does Foreign Direct Investment Impact Energy Intensity? Evidence from Developing Countries. *Mathematical Problems in Engineering*, 3, 1-11.
- Christensen, L.R., Jorgenson, D.W. & Lau, L.J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *Rev. Econ.Stat.*, 55, 28-45.
- Dargahi, H. & Biabani Khameneh, K. (2016). The Role of the Price, Income and Efficiency Factors in Iran's Energy Intensity. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 51(2), 355-384.
- Diewert, E. (1974). Intertemporal Consumer Theory and the Demand for Durables. *Econometrica*, 42, 497-516.
- Egbali, A., Gaskari, R., Moradi, M. & Parhizi, H. (2015). Energy Intensity in Oil and Non-oil Exporting Countries. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 50(1), 1-20.
- Emadzadeh, M., Dalali Esfahani, R., Safari, M. & Sharifi, A. (2003). A Analysis of Energy Intensity Trend in OECD Countries. *Journal of Iranian Trade Studies*, 28, 95-118.
- Farajzadeh, Z. (2016). Energy Intensity in the Iranian Economy: Components and Determinants. *Iranian Energy Economics*, 4(15), 55-98.
- Filipovic, S., Verbic, M. & Radovanovic, M. (2015). Determinants of energy intensity in the European Union: A panel data analysis. *Energy*, 92, 547-555.

- Hall, J. & Scobie, M. (2006). The Role of R&D in Productivity Growth: The Case of Agriculture in New Zealand: 1927 to 200. New Zealand Treasury Working Paper, No. 06/01.
- Herrerias, M.J., & Orts, V. (2013). Capital goods imports and long-run growth: Is the Chinese experience relevant to developing countries? *Journal of Policy Modeling*, 35, 781-797.
- Herrerias, M.J., Cuadros, A., & Luo, D. (2016). Foreign versus indigenous innovation and energy intensity: Further research across Chinese regions. *Applied Energy*, 162, 1374-1384.
- Hubler, M. (2011). Technology Diffusion under Contraction and Convergence: A CGE Analysis of China. *Energy Economic*, 33, 131-142.
- Im, K. S., Pesaran, M. H. & Shin, Y. (2003). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.
- Katrak, H. (1985). Imported Technology, Enterprise Size and R&D in a Newly Industrialising Country: The Indian Experience. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, August, 29-213.
- Kondo, M. (2001). Technology Acquisition and Mastering for Development. General Conference of UNIDO. Ninth Session-Vienna.
- Levin, A., Lin, CF. & Chu, J. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite sample properties. *Journal of Econometrics*, 108, 1-24.
- Makiyan, S., Norouzi, A., Kazemi, A., Shahyki Tash, M. & Zangiabadi, P. (2015). Evaluation of Energy Intensity and the Effect of Technology on the Efficiency of Industrial Energy Demand: A Case Study of Iran. *Iranian Energy Economics*, 4(16), 209-242.
- Medlock, K. & Soligo, R. (2001). Economic Development and End-Use Energy Demand. *The Energy Journal*, 22, 77-105.
- Medlock, K. (2011). Energy Demand Theory. in: Hunt, L. C., & - Evans, J. (Eds.). (2011). *International Handbook on the Economics of Energy*. Edward Elgar Publishing.
- Nanag, D. & Ghebremichael, M. (2006). Inter-Regional Comparisons of Production Technology in Canada's Timber Harvesting Industries. *Forest Policy and Economics*, 8, 797-810.
- Sadorsky, P. (2013). Do Urbanization and Industrialization Affect Energy Intensity in Developing Countries? *Energy Economics*, 37, 52-59.
- Shahbazi, K., Hekmati Farid, S. & Rezaei, H. (2016). The Effect of Government Size and Good Governance on Energy Consumption Intensity: A Case Study of OPEC Countries. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 2(4), 23-48.
- Shephard, R. (1970). *Theory of cost and production functions*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Song, F., & 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.

- Welsch, H., & Ochs, C. (2005). The determinants of aggregate energy use in West Germany: Factor substitution, technological change, and trade, *Energy Economics*, 27, 93-111.
- Zha, D., Zhou, D., & Ding, N (2012). The Determinants of Aggregated Electricity Intensity in China. *Applied Energy*, 97, 150-156.
- Zheng, Y., Qi, J., & Chen, X. (2011). The effect of increasing exports on industrial energy intensity in China. *Energy Policy*, 39, 2688-2698.
- [https://pep.moe.gov.ir/getdoc/003cf7ea-0688-4ee1-9265-dcd6c29ee52c/سری-زمانی\(۱\).aspx](https://pep.moe.gov.ir/getdoc/003cf7ea-0688-4ee1-9265-dcd6c29ee52c/سری-زمانی(۱).aspx)
- <http://www.investiniran.ir>

Analyzing the Effect of Foreign Direct Investment and Import of Capital Goods on Energy Intensity in Iranian Economic Sectors

Mahdi Yazdani (Ph.D)*
Hossein Tavakoli **

Received:
02/01/2020

Accepted:
10/12/2020

Abstract

Generally, investment in new technology through foreign direct investment or import of capital goods can lead to decrease energy intensity. Hence, the main purpose of this study is to evaluate and compare the effect of foreign direct investment and import of capital goods on energy intensity of Iranian economic sectors. In this regard, disaggregated data for the sectors of agriculture, transportation, industry, and mine have been used during 1993-2018 and the model has been estimated by Arellano and Bond method. Other than two above mentioned variables, energy price index, value added and its square, trade openness, producer price index and exchange rate have been used as explanatory variables. The results show that the lag of foreign direct investment has significant and negative effect on energy intensity in economic sectors, while import of capital goods has no significant effect and even the lag of this variable has increased it. Moreover, value added, energy price index and trade openness have negative relation with energy intensity. Finally, producer price index and exchange rate have positive relation with energy intensity. Hence, absorption of foreign direct investment than import of capital goods is important to reduce energy intensity in Iranian economic sectors.

Keywords: *Energy Intensity, Foreign Direct Investment, Capital Goods, Dynamic Panel Data Model.*

JEL Classification: *C23, F21, F61, Q43.*

* Assistant Professor of Economics, Faculty of Economics and Political Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, (Corresponding Author),

Email: Ma_yazdani@sbu.ac.ir

** MA in Energy Economics, Shahid Ashrafi University, Isfahan, Iran,

Email: htavakoli1980@gmail.com