

بررسی فضایی تحقیق و توسعه داخلی و سرریز فناوری بر شدت انرژی در استان‌های ایران

طیبه پورمند بخشایش

کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشکده اقتصاد دانشگاه تبریز

taymazpourmand@gmail.com

بهزاد سلمانی

استاد علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

behsalmani@gmail.com

هدف اصلی این تحقیق بررسی تاثیر عوامل فناوری بر شدت انرژی ۲۹ استان ایران با بهره‌گیری از مدل فضایی طی دوره ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۴ است. برای این منظور از متغیرهای تحقیق و توسعه بومی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، صادرات و واردات به عنوان عوامل فناوری موثر استفاده شده است. روش تحقیق این پژوهش مدل دوربین فضایی (SDM) است که بعد از انجام آزمون‌های مربوطه تعیین و برآورد شده است. نتایج حاکی از آن بود که از بین عوامل فناوری، تحقیق و توسعه داخلی و واردات نقش مهم و غالب در کاهش شدت انرژی داشته است. اما سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نتوانسته تاثیر بسزایی در کاهش شدت مصرف انرژی داشته باشد. متغیرهای کنترل؛ قیمت انرژی، ساختار اقتصادی و شهرنشینی نیز تاثیر مطابق ادبیات نظری (به ترتیب مثبت، منفی و منفی) بر شدت مصرف انرژی داشته است. بنابراین با توجه به نتایج توصیه می‌شود با افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و واردات موجبات کاهش شدت انرژی را فراهم آورند همچنین با تنظیم قیمت انرژی و با سیاست‌گذاری توزیع صنایع در سطح استان در کاهش صنعتی شدن شهرها و کاهش شهرنشینی و از این طریق کاهش شدت انرژی موثر واقع شوند.

واژگان کلیدی: شدت مصرف انرژی، تحقیق و توسعه، سرریز فناوری، مدل دوربین فضایی.

۱. مقدمه

انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید، جایگاه ویژه‌ای در توسعه اقتصادی کشورها دارد. محدودیت منابع انرژی در جهان، ضرورت استفاده بهینه از منابع انرژی را در فرآیند توسعه اقتصادی مطرح می‌سازد. مصرف انرژی برای توسعه پایدار کشور بسیار مهم است. با این حال، هنگامی که به طور موثر استفاده نشود، عواقب آن می‌تواند برای هر اقتصاد بسیار زیاد که شامل تهدید توسعه پایدار اقتصاد، امنیت انرژی و بدتر شدن شرایط محیطی، باشد.

براساس گزارشات سایت داده انرژی^۱، شاخص شدت انرژی جهان در سال ۲۰۱۵ معادل ۰/۱۴۹ (koe/\$200p) می‌باشد که نسبت به سال ۲۰۱۴، ۲/۶۱ درصد کاهش یافته است. و کشور ایران به ۰/۱۹ (koe/\$200p) در سال ۲۰۱۵ جز کشورهایی که بیشترین شدت انرژی را دارد قرار دارد، در واقع ۱/۵ برابر متوسط شدت انرژی در جهان بوده است. در ایران نیز براساس گزارش شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت (شانا)، استان‌های هرمزگان، آذربایجان غربی، خراسان شمالی، اصفهان و کردستان دارای بیشترین شدت مصرف انرژی هستند.

براساس تراز نامه انرژی، شدت انرژی شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در سطح اقتصاد ملی هر کشور است که از تقسیم مصرف نهایی انرژی (و یا عرضه انرژی اولیه) بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌گردد و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پول) چه مقدار انرژی به کار رفته است. این شاخص در سطح کلان برای مقایسه کشورها از لحاظ درجه بهینگی مصرف انرژی و در سطح خرد برای نشان دادن کارایی سیستم‌های تولیدی استفاده می‌شود. در مقایسه بین کشوری و بین استانی، شاخص شدت مصرف انرژی در نشان دادن کارایی فنی انرژی تورش داشته و عواملی مانند اقلیم، مساحت،

1. Enerdata : <https://www.enerdata.net/>

عوامل آب و هوایی یا ساختار اقتصادی و صنعتی، سبک زندگی و باعث افزایش کشورهایایی که دارای سطح بالاتری از استاندارد زندگی هستند مصرف انرژی بیشتری داشته و در نتیجه این امر بر شدت انرژی آنها تأثیر می‌گذارد. بهینه‌سازی ساختمانها و تجهیزات، ترکیب سوخت‌های مورد استفاده در بخش حمل و نقل و حتی مسافت بین مکانهای جغرافیایی، شیوه‌های حمل و نقل و تکنولوژی بکار رفته در خودروها و وسایل نقلیه، ظرفیت حمل و نقل عمومی، اقدامات صورت گرفته در امر بهینه‌سازی مصرف انرژی، حوادث طبیعی و قیمتها یا یارانه‌های انرژی برخی از عوامل تأثیرگذار در شدت انرژی می‌باشند. بهره‌برداری کارآمد از منابع انرژی و صرفه‌جویی در به کارگیری حامل‌های انرژی، به ویژه در بخش صنعت، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ چرا که بر طبق مطالعات تجربی صنعتی شدن یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش مصرف انرژی می‌باشد (متفکر آزاد و مظفری، ۱۳۹۵).

بر اساس قانون جغرافیایی اول توبلر^۱ «هر مکانی به مکانی دیگر وابسته است و مکان‌هایی که به هم نزدیک‌ترند بیشترین تأثیر را نسبت به مکان‌های دورتر، بر همدیگر دارند» در پژوهش‌های تجربی مدل‌های مکانی توزیع تکنولوژی و بهره‌وری، نمی‌توان یک منطقه را مستقل از مناطق دیگر در نظر گرفت (اکبری، ۱۳۸۴). در همین راستا، حداقل به سه دلیل مهم بایستی مدل‌سازی‌های شدت انرژی بین استانهای کشور با در نظر گرفتن وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی بررسی شود این سه دلیل عبارتند از: الف) هزینه‌های حمل و نقل انرژی (که معمولاً نیز زیاد است) رابطه مستقیمی با فاصله دارد و با افزایش فاصله این هزینه نیز افزایش می‌یابد، ب) فراوانی نهاده‌های تولیدی، ساختار صنعت و آداب و رسوم ساکنین مناطق مجاور بیشتر شبیه هم است تا استانهایی که همسایه نیستند، ج) مصرف انرژی استان‌ها تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی آنهاست و بایستی در تفسیر مصرف انرژی استان‌ها تفاوت موقعیت

1. Tobler's first law of geography

جغرافیایی مناطق سردسیر و گرمسیر را لحاظ شود (استیونس، ۲۰۰۰). در صورت وابستگی فضایی شدت مصرف انرژی بین استانهای کشور، وضعیت شدت مصرف انرژی در یک استان تحت تأثیر وضعیت شدت مصرف انرژی استان‌های مجاور خواهد بود و در این حالت برای کاهش شدت مصرف انرژی باید منطقه ای عمل نمود.

با عنایت به اهمیت موارد فوق‌الذکر در این مقاله سعی بر آن است با تجزیه و تحلیل و شناسایی عوامل فناوری، تأثیر آن بر شدت انرژی در سطح استانی مورد بررسی قرار داده شود. بر طبق بررسی انجام شده بیشتر مطالعات تجربی، شدت انرژی کشوری و بین - بخشی را در بین استانهای کشور مورد مطالعه قرار داده‌اند و بررسی شاخص شدت انرژی در بین استان‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از جمله مطالعات تجربی داخلی که وضعیت شدت مصرف انرژی و کارایی انرژی بین استانها را بررسی و محاسبه نموده می‌توان به سیف و حمیدی (۱۳۹۶)، کفائی و خسروی (۱۳۹۵)، کریمی تکانلو و همکاران (۱۳۹۵)، خیرالهی و خاکسار آستانه (۱۳۹۴)، حقیقت و همکاران (۱۳۹۳) و حکمتی فرید و فلاحی (۱۳۹۲) اشاره کرد. نوآوری مطالعه ی حاضر بررسی شاخص شدت انرژی استانها و اجازه تعاملات فضایی همزمان به متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی در قالب داده های تابلویی ایستا و پویای فضایی می‌باشد همچنین بررسی تأثیر عوامل فناوری (شامل تحقیق و توسعه داخلی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، صادرات و واردات) بر شدت انرژی است

ادامه مقاله به شرح زیر است: پس از مقدمه، بخش ۲ مربوط به بررسی ادبیات مرتبط می‌باشد. مدل تجربی، داده‌ها، و روش‌های برآورد در بخش ۳ ارائه شده است. بخش ۴ به بررسی تأثیر عوامل فناوری بر شدت انرژی با روش فضایی می‌پردازد. بخش نهایی نتیجه و نتیجه‌گیری‌های سیاسی است.

۲. مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

در کنفرانس کپنهاگ^۱ در مورد تغییرات آب و هوایی در سال ۲۰۰۹، توافق برای حمایت از کشورهای در حال توسعه در زمینه استفاده از فن آوری های صرفه جویی در انرژی بود. این به این دلیل است که این اقتصادها حدود ۷ درصد از افزایش مصرف انرژی اولیه جهانی را بین سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ به خود اختصاص داده اند. شناخت روندهای شدت انرژی در این اقتصادها و عوامل موثر بر آن، برای دستیابی به نتایج مطلوب برای چنین ابتکاراتی ضروری است (آدام^۲، ۲۰۱۵). در ادبیات، عوامل متعددی در کاهش شدت انرژی اقتصاد معرفی شده است. عواملی که برجسته تر شده اند، تکنولوژی است که به سبب باز بودن تجارت و سرمایه گذاری مستقیم خارجی و تغییر ساختار اقتصادی از بخش های انرژی بیشتر به بخش های کمتر انرژی است (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

واحدهای متفاوتی برای اندازه گیری شدت انرژی^۳ وجود دارد. شدت انرژی یکی از شاخص های مهم اقتصادی که نشانگر نحوه و شدت مصرف انرژی و به عبارت دیگر میزان انرژی بری در هر کشور را نشان می دهد، می باشد. تحولات شدت انرژی می تواند ناشی از تغییر در کارایی مصرف انرژی یا تغییر ساختار اقتصاد باشد. چنانچه حجم تولید ناخالص داخلی ثابت باشد و کارایی مصرف انرژی بالا رود، آنگاه شدت انرژی کاهش می یابد. از سویی دیگر تغییر در ساختار اقتصاد و تولید می تواند باعث تغییر در شدت انرژی گردد. به طور خلاصه، شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل اصلی واقع می شود یکی مصرف انرژی و دیگری میزان تولید، یعنی:

$$EI = F(ED, GDP) \quad (1)$$

1 . Copenhagen Conference(2009 United Nations Climate Change Conference)

2 . adom

3 . Energy Intensity

EI = شدت مصرف انرژی

ED = مصرف انرژی

GDP = تولید ناخالص داخلی (اقبالی و همکاران، ۱۳۹۴).

عوامل زیادی بر شدت انرژی موثر است که عوامل تکنولوژی، قیمت انرژی، تجارت، ساختار اقتصادی، از جمله عوامل بارز می‌باشد. در ادامه به طور خلاصه برخی از آنها را ذکر می‌کنیم که تأکید ویژه بر عوامل تکنولوژیکی است.

تحقیق و توسعه

هزینه‌های داخلی برای تحقیق و توسعه به عنوان یکی از راه‌های اصلی برای سرعت بخشیدن به پیشرفت تکنولوژی و بهبود بازده تولید در ادبیات رشد درونی است (رومر^۱، ۱۹۹۰). انتظار می‌رود که این امر منجر به سرریز فن آوری‌های جدید شود (کوهن و لوینتال^۲، ۱۹۸۹). با توجه به مطالعه (کلر^۳، ۲۰۰۲) هزینه‌های داخلی در تحقیق و توسعه بیشتر، موجب تولید دانش بیشتر خواهد شد که نتیجه آن رشد پایدار و مستمر در اقتصاد است (وو، ۲۰۰۸).

فن آوری‌های پیشرفته

از آنجایی که جهانی شدن اقتصادهای مدرن، حرکات سرمایه و تجارت بین‌المللی به طور کلی به عنوان کلید رشد اقتصادی پذیرفته شده است. چهار کانال سرریز، یعنی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI^۴)، سرمایه‌گذاری مستقیم در خارج (ODI)، صادرات و واردات، در دانشگاه‌های بین‌المللی به طور گسترده مورد بحث قرار گرفته‌اند (کو و هلپمن^۵، ۱۹۹۵). ولی در مورد ایران موثرترین و مهمترین‌ها کانال‌های مورد بحث FDI، صادرات و واردات است.

1 . romer

2 . Cohen and Levinthal

3 . Keller

4 .Foreign direct investment

5 . Coe and Helpman

شرکت های سرمایه گذاری خارجی از لحاظ تکنولوژیکی پیشرفته تر از شرکت های میزبان کشور هستند، مهارت دانش فنی، مهارت مدیریتی و مهارت های بازاریابی بین المللی را از طریق FDI ، بازدهی کار و ارتباطات عمودی انتقال می دهد (ساقی^۱، ۲۰۰۲). از این رو، FDI به عنوان یک کانال مهم در زمینه فناوری شناخته می شود (هوبلر و کلر^۲، ۲۰۱۰). مطالعات نشان داده است که هر دو واردات و صادرات توانایی تحریک پیشرفت تکنولوژی و شدت انرژی کشورهای در حال توسعه را دارد. از یک طرف، در هنگام رقابت در بازار جهانی، بنگاه ها برای افزایش رقابت محصولات و خدمات صادراتی خود و مواجه شدن با موانع تجاری، انگیزه ای برای وارد شدن در نوآوری های تکنولوژیکی دارند و تجهیزات فنی پیشرفته را وارد کرده و فناوری های صرفه جویی در انرژی را به وجود می آورند که نشان دهنده افزایش سرریز استانداردهای فنی در تجارت بین المللی است. از سوی دیگر، صادرات بیشتر محصولات و محصولات اولیه انرژی، ممکن است شدت انرژی صنعتی را افزایش دهد (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

قیمت انرژی و شدت انرژی

قیمت انرژی معمولا به عنوان یک عامل خارجی مهم است که بر شدت انرژی تأثیر می گذارد. قیمت انرژی بر تقاضای انرژی از طریق جایگزینی و اثرات درآمد تأثیر می گذارد. در این خصوص بر طبق سچور^۳ (۱۹۸۲) و یورگنسن^۴ (۱۹۸۴)، در هنگام افزایش قیمت انرژی و ثبات سایر شرایط، تولیدکنندگان تمایل به بکارگیری مقادیر کمتر نهاده انرژی خواهند داشت و آن را با نهاده های ارزانتر جایگزین می کنند. با تغییر قیمت انرژی، بخش های مصرف کننده انرژی، با بهینه سازی مصرف انرژی و تغییر در ترکیب نهاده در جهت کاهش هزینه های تولید و افزایش کارایی انرژی حرکت می کنند. همچنین، قیمت انرژی بالاتر موجب پذیرش فناوری هایی

1 . Saggi

2 . Hübler and Keller

3 . Schurr

4 . Jorgenson

می‌شود که از سهم بالاتری از سرمایه و کار استفاده می‌کنند بنابراین، بهره‌وری نهایی عوامل کار و سرمایه کاهش می‌یابد، در حالی که بهره‌وری نهایی انرژی افزایش می‌یابد. از این رو قیمت انرژی بالاتر منجر به پذیرش فناوری‌هایی با کارایی انرژی بالاتر می‌شود (آدام، ۲۰۱۵). قیمت انرژی از یک سو مصرف و تقاضای انرژی و از سوی دیگر تولید ناخالص داخلی را تحت تأثیر قرار داده و از این رهگذر سبب تحولات شدت انرژی می‌گردد. (ابراهیمی سالاری، قطب‌الدینیان یزد، ۱۳۹۳).

تغییر ساختاری و شدت انرژی

تغییر در شدت انرژی به دلیل تغییر ساختاری، بیانگر تغییر در شدت انرژی به دلیل تغییر در ساختار کلی اقتصاد و زیرساخت‌های اقتصادی به شرح ثابت بودن شدت انرژی هر بخش می‌باشد. تغییر ساختاری شامل ساختار اقتصادی و ساختار مصرف انرژی نیز به عنوان یک عامل مهم مطرح شده است؛ اول، رشد صنعتی، رشد اقتصادی را از طریق رشد بخش‌های مختلفی افزایش می‌دهد که تقاضا برای انرژی را بیشتر می‌کند. دوم، افزایش درآمد از طریق صنعتی شدن نیز تقاضا برای کالاهای مصرفی مانند اتومبیل، تلویزیون، یخچال و فریزر، رایانه‌ها را افزایش می‌دهد که تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد. (هانگ و همکاران^۱، ۲۰۱۷).

شهرنشینی و شدت انرژی

شهرک‌سازی بر شدت انرژی با روابط پیچیده تأثیر می‌گذارد. اول، حرکت جمعیت به شهرهای شامل تغییر در ساختار اقتصادی (تغییر شغل) و ساختارهای زیربنای عمومی شهری است، که موجب گسترش صنایع با شدت انرژی‌بری بالا مانند صنایع فولاد و سیمان و غیره می‌شود. همچنین، شهرنشینی فعالیتهای اقتصادی در شهر را تمرکز می‌دهد که موجب صرفه‌جویی در مقیاس و فرصت برای کاهش شدت انرژی می‌شود. ثانیاً، شهرنشینی، همراه با افزایش درآمد، منجر

1. Junbing Huang et al

به تغییر در رفتار مصرف کننده، افزایش وابستگی به وسایل مدرن تر حمل و نقل در شهرها و جایگزینی انرژی غیر تجاری توسط انرژی تجاری در خانوارها می شود. رشد فعالیتهای صنعتی و شهری با انتقال نیروی کار از بخش کشاورزی همراه است. این امر کاهش نسبت تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به مصرف کنندگان آن را به دنبال دارد که باعث میشود واردات مواد غذایی در اولویت برنامه های کشور قرار گیرد. از طرف دیگر جایگزینی واردات مواد غذایی با بهبود فناوریهای کشاورزی قابل حصول است. تغییرات فنی در زمینه کشاورزی نیز باعث میشود کشاورزان مزارع را رها کرده و به فعالیتهای شهری رو آورند. این تغییرات، افزایش مستقیم و غیرمستقیم مصرف انرژی از طریق تجهیزات مکانیزه و استفاده شدید از کودهای شیمیایی را نیز به دنبال دارند. از این رو افزایش سرانه مصرف انرژی و همچنین مصرف به ازای هر واحد تولید در اثر شهرنشینی بدیهی به نظر میرسند (محمدی ۱۳۹۵ به نقل از دونالد جونز^۱ ۱۹۸۹).

مطالعات پیشین

در سطح تجربی، حجم گسترده ای از ادبیات وجود دارد که به نفوذ تحقیق و توسعه، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و صادرات و واردات بر شدت انرژی توجه کرده اند. نتیجه گیری های انجام شده در بسیاری از این مطالعات در سراسر کشورها یا مناطق بحث برانگیز و فراگیر است. در ادامه به چند مطالعه در این رابطه اشاره می شود.

فیشر و همکاران^۲ (۲۰۰۴) همچنین تنگ^۳ (۲۰۱۱)، ژنگ و همکاران^۴ (۲۰۱۱)، هوانگ و یو^۵ (۲۰۱۶)، راسخی و همکاران (۱۳۹۵) و هوانگ و همکاران^۱ (۲۰۱۷) نشان دادند که افزایش تحقیق و توسعه داخلی یکی از دلایل اصلی کاهش شدید انرژی است.

- 1 . Donald Jones
- 2 . Fisher et al
- 3 . Teng
- 4 . Zheng et al
- 5 . Huang and Yu

انتویلر و همکاران^۲ (۲۰۰۱) نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر خروجی کشور میزبان تأثیر می‌گذارد، اما تأثیری در شدت انرژی ندارد. میلینگ و گلدمبرگ^۳ (۲۰۰۲) برای ۲۰ کشور در حال توسعه، هوبلر^۴ (۲۰۰۹) با استفاده از مدل تعادل عمومی، الیوت و همکاران^۵ (۲۰۱۳) برای ۲۰۶ شهر چینی و هوانگ و همکاران^۶ (۲۰۱۷) برای ۳۰ استان چین نشان دادند که FDI می‌تواند شدت انرژی را کاهش دهد. همچنین هوبلر و کلر^۷ (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر FDI بر شدت انرژی برای کشورهای در حال توسعه طی سال‌های ۱۹۷۵-۲۰۰۴ موفق به یافتن شواهد قوی از FDI در کاهش شدت انرژی برای کشورهای در حال توسعه در دوره مورد مطالعه نشدن.

کول^۷ (۲۰۰۶) نشان داد که اثر تجارت بر شدت انرژی می‌تواند مثبت یا منفی باشد، بسته به اینکه آیا کشور وارد کننده یا صادر کننده کالاهای با شدت انرژی بالا است یا خیر. ژنگ و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی بیش از ۲۰ صنایع زیرزمینی چین طی سالهای ۱۹۹۹-۲۰۰۷، هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که بین صادرات و شدت انرژی کل یک رابطه مثبت وجود دارد، این نتیجه‌گیری توسط شواهد ارائه شده توسط یو^۸ (۲۰۱۲)، که اثرات مستقل صادرات را بر شدت انرژی گزارش می‌دهد، به چالش کشیده شده است.

میروسلاو و همکاران^۹ (۲۰۱۷)، با بررسی تأثیر قیمت برق مسکونی در شدت انرژی در اروپا برای کشورهای عضو اتحادیه اروپا^{۱۰} و کشورهای عضو نروژ در دوره‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که قیمت برق مسکونی بر شدت انرژی تأثیر منفی دارد در واقع در همه کشورها با قیمت

- 1 . Huang et al
- 2 . Antweiler et al
- 3 . Mielnik and Goldemberg
- 4 . Hübler
- 5 . Elliott et a
- 6 . Huang et al
- 7 . Cole
- 8 . Yu
- 9 . Miroslav Verbic et al
10. EU-28

پایین برق، به احتمال زیاد به دلیل اثر یارانه ها، مصرف بالا انرژی در واحد تولید ناخالص داخلی مشاهده شده است .

یان^۱ (۲۰۱۵) ، با بررسی تأثیرات شهرنشینی بر میزان انرژی و تقسیم انرژی در چین با استفاده از تکنیک های تخمینی پانل برای ۳۰ استان چین در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهد که شهرنشینی به طور قابل توجهی موجب افزایش شدت انرژی، شدت برق و شدت زغال سنگ می‌شود.

آرمن و تقی زاده (۱۳۹۲) با بررسی شدت انرژی صنایع کارخانه ای طی ۱۳۷۴-۱۳۸۹ نشان دادند که قیمت انرژی و سطح تکنولوژی رابطه ی معکوس با شدت انرژی دارند. فرج زاده (۱۳۹۴) با بررسی شدت انرژی در اقتصاد ایران را طی سال های ۱۳۵۲-۱۳۹۰ نشان داد که شهرنشینی از مهم ترین عوامل موثر بر شدت انرژی می‌باشد قیمت انرژی نیز تاثیر منفی ولی ناچیز بر شدت انرژی داشته است. اقبالی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی شدت انرژی شماری از کشورهای نفتی و غیر نفتی طی سال های ۱۹۸۵-۲۰۰۹ نتیجه گیری کرد که قیمت انرژی تاثیر معناداری بر شدت انرژی دوگروه نداشته ولی متغیر تولید ناخالص داخلی تاثیر منفی و متغیر نرخ ارز در کشورهای نفتی رابطه مثبت ، اما کشورهای غیرنفتی رابطه ی منفی با شدت انرژی داشته است. سیف و حمیدی (۱۳۹۵) با بررسی تاثیر شاخص های منتخب اقتصاد دانش بنیان بر شدت انرژی استان های ایران طی سال های ۱۳۸۹-۱۳۹۲ نشان داد که شاخص اقتصاد دانش بنیان باعث کاهش انرژی بری تولید ناخالص داخلی استان‌ها شده و ساختار اقتصادی دانش بنیان پتانسیل کاهش شدت انرژی در استان های کشور را دارا می‌باشد. همچنین سیف و حمیدی (۱۳۹۶) عوامل موثر بر شاخص شدت مصرف انرژی استان های کشور طی سال های ۱۳۷۹-۱۳۹۲ توسط تکنیک های اقتصادسنجی فضایی پانلی و تخمین زن شبه حداکثر راستنمایی^۲ مورد بررسی قرار دادند. متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش شامل درآمد سرانه حقیقی، شاخص قیمت انرژی،

1 . Huijie Yan

2. QMLE

شهرنشینی، صنعتی شدن و تغییرات ساختاری براساس نتایج، کشش خودرگرسیون فضایی شدت مصرف انرژی در بین استانهای کشور ۰/۵۵ درصد می‌باشد، لذا برای کاهش شدت مصرف انرژی در استانهای کشور باید منطقه ای عمل نمود. عاشوری و همکاران (۱۳۹۸)، عوامل موثر بر شدت انرژی در استان های ایران را با متغیرهای درآمد سرانه، قیمت انرژی، نسبت صادرات به تولید، سهم نفت از انرژی، ساختار اقتصادی و نرخ رشد جمعیت را بر شدت انرژی مورد بررسی قرار دادند.

با طبقه بندی مطالعات می‌توان گفت از بین عوامل فناوری (تحقیق و توسعه داخلی، صادرات و واردات و fdi)، تحقیق و توسعه داخلی و سرمایه گذاری مستقیم خارجی و واردت تاثیر مثبت و صادرات تاثیر منفی در کاهش شدت انرژی داشته است. البته کمتر مطالعه ای در ایران انجام شده است که به بررسی عوامل فناوری بر شدت انرژی استان‌ها بپردازد. از این رو مطالعه حاضر به این موضوع پرداخته و سعی در تعیین نقش این عوامل بر شدت انرژی استان‌ها با در نظر گرفتن موقعیت فضایی آن‌ها دارد.

۳. روش پژوهش و داده‌ها

پس از بررسی ادبیات موضوعی، مدل پایه این پژوهش از مطالعه هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) که برای استان های چین انجام شده برگرفته شده است. و در این مطالعه تحقیق و توسعه داخلی و سه عامل سرریز تکنولوژی را که بر شدت انرژی تأثیر می‌گذارد، یعنی سرمایه گذاری مستقیم خارجی، صادرات و واردات را برای استان های ایران مورد بررسی قرار می‌دهد. دلیل انتخاب این مقاله به عنوان مدل پایه، وجود علم و فناوری، تحولات سازمانی و مکانیزم های سیاست گذاری صنعتی مشابه بین چین و ایران (سوofi^۱، ۲۰۱۷) و همچنین وجود شرکت های کوچک و متوسط در ایران و چین که از مشخصه های بارز کشورهای در حال توسعه است که با کمبود

1. Soofi, Abdol S.,

شدید سرمایه گذاری خارجی مواجه هستند (وانگ^۱، ۲۰۱۳) است. هر دو چین و ایران در توسعه تکنولوژی پیشرفته مشغول هستند

در روش شناسی اقتصادسنجی فضایی تابلویی بسته به اینکه متغیر وابسته، متغیرهای توضیحی و یا جمله خطا وابستگی فضایی داشته باشند، مدل‌های فضایی متفاوتی مطرح میشود. مدل دوربین فضایی (SDM^۲) جایگاه ویژه ای در بین مدل های فضایی دارد. ویژگی بارز مدل SDM نسبت به سایر مدل‌های فضایی (از جمله؛ SAR و SEM) ،وارد کردن همزمان وقفه فضایی متغیر وابسته و وقفه فضایی متغیرهای توضیحی به عنوان متغیرهای توضیحی جدید در مدل است. در این تحقیق به منظور بررسی فضایی صادرات و سرمایه گذاری مستقیم خارجی اشتغال، مدل دوربین فضایی زیر تصریح می شود.

$$\begin{aligned} LNEI_{it} = & \beta_0 + \beta_1 RD_{it} + \beta_2 SFDI_{it} + \beta_3 SEX_{it} + \beta_4 SIM_{it} + \beta_5 PE_{it} \\ & + \beta_6 ES_{it} + \beta_7 U_{it} + \lambda_1 WRD_{it} + \lambda_2 WSFDI_{it} \\ & + \lambda_3 WSEX_{it} + \lambda_4 WSIM_{it} \\ & + \lambda_5 WPE_{it} + \lambda_6 WES_{it} + \lambda_7 WU_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

به طوری که

در آن زیرنویس های i ($i = 1, 2, 3, \dots, k, n$)؛ نشان دهنده استان‌ها و t ($t = 1, 2, 3, \dots, k, t$)؛ نشانگر سالها می باشد.

EI شدت انرژی (تقسیم مصرف انرژی بر تولید ناخالص داخلی، بشکه نفت خام به میلیون ریال به قیمت سال ۱۳۹۰)

RD تحقیق و توسعه داخلی (ارزش سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه)

1. Wang
2. Spatial Durbin Models

SEX و SIM و SFDI به ترتیب نشان دهنده سرریز تکنولوژی از FDI، واردات و صادرات

است که با استفاده از روابط (۳)، (۴) و (۵) بدست آمده اند (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)

$$SFDI_{it} = \frac{FDI_{it}}{FDI_t} \sum_{n=1}^N \frac{FDI_{nt}}{K_{nt}} S_{nt}^d \quad FDI_t = \sum_{i=1}^I FDI_{it} \quad (۳)$$

$$SIM_{it} = \frac{IM_{it}}{IM_t} \sum_{n=1}^N \frac{IM_{nt}}{Y_{nt}} S_{nt}^d \quad IM_t = \sum_{i=1}^I IM_{it} \quad (۴)$$

$$SEX_{it} = \frac{EX_{it}}{EX_t} \sum_{n=1}^N \frac{EX_{nt}}{Y_{nt}} S_{nt}^d \quad EX_t = \sum_{i=1}^I EX_{it} \quad (۵)$$

به طوری که

$n = 1, 2, \dots, N$ و i به ترتیب به شاخص کشور و شاخص سال و استان‌ها اشاره دارد.

FDI مخفف سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است، IM و EX جریان واردات و صادرات کل است.

S و Y نشان دهنده تشکیل سرمایه ثابت ناخالص، سرمایه‌گذاری R & D و تولید ناخالص داخلی منطقه است

PE، شاخص قیمت انرژی (میانگین وزنی شاخص قیمت حامله ای انرژی استان‌ها به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰)؛ در این پژوهش شاخص قیمت انرژی از جمع وزنی قیمت حامل‌ها های انرژی (گاز طبیعی، برق، بنزین، نفت گاز، نفت کوره، نفت سفید و گاز مایع) به دست آمده است. روش محاسبه شاخص قیمت انرژی به صورت رابطه (۶) است.

$$PE_j = \sum_i^7 \left[\left(\frac{v_i}{\sum_i^7 v_i} \right) * p_i \right] \quad (۶)$$

که در آن i ، زبه ترتیب نشانگر حامل‌های انرژی و استان‌ها، v_i مقدار مصرف حامل‌های انرژی بر حسب بشکه نفت خام، قیمت حامل‌های انرژی (بر حسب ریال بر بشکه نفت خام به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰) و PE_j ، شاخص قیمت کلی انرژی استان می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص قیمت انرژی برای هر استان متفاوت بوده و نسبت به وزن حامل مصرفی، تعدیل می‌شود (سیف و حمیدی، ۱۳۹۶).

U، شهرنشینی (نسبت جمعیت شهری استان به کل جمعیت استان) ،
 ES، ساختار اقتصادی (نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی) می باشد.
 (متغیرهای قیمت انرژی و ساختار اقتصادی و شهرنشینی به عنوان متغیرهای کنترل در نظر گرفته شده است).

WXRD_{it} وقفه فضایی متغیر تحقیق و توسعه (R&D)

WXSF_{it} وقفه فضایی متغیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI)

WXSEX_{it} وقفه فضایی متغیر صادرات (EX)

WXSIM_{it} وقفه فضایی متغیر واردات (IM)

WXPE_{it} وقفه فضایی متغیر قیمت انرژی (PE)

WXES_{it} وقفه فضایی متغیر ساختار اقتصادی (ES)

WXU_{it} وقفه فضایی متغیر شهرنشینی (U)

ε نیز اختلال تصادفی می باشد

این مطالعه از داده های ۲۹ استان ایران (به جز استان های البرز و خراسان جنوبی، به دلیل نبود داده ها برای این استان ها) در طول دوره ۱۳۸۶-۱۳۹۴ استفاده کرده است. به طوری که اطلاعات مربوط به متغیرها، از سالنامه آماری استان ها و تراز نامه های انرژی و آمار نامه انرژی ایران استخراج شده است (به علت نبود داده های تحقیق و توسعه برای سال های قبل از ۸۶ برای اکثر استان ها کشور و همچنین ناقص بودن آمارنامه های استانی برای سال های ۸۵ به بعد، مجبور به انتخاب بازه زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۴ برا مطالعه شدیم).

در این پژوهش رابطه بین متغیرها با استفاده از تکنیک اقتصادسنجی دورین فضایی^۱ مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور نرم افزار های استاتا^{۱۴} استفاده شده است. از جمله

۱. برای مطالعه با جزئیات بیشتر درباره اقتصادسنجی فضایی مراجعه شود به:

دلایل استفاده از این تکنیک فروض شواهدی و نظریه‌هایی مبنی بر وابستگی فضایی شدت انرژی و تحقیق توسعه و عوامل تکنولوژی در واحدهای جغرافیایی است؛ چرا که بر طبق نظر توبلر (۱۹۷۰)^۲ هر عارضه‌ای به عارضه دیگر وابسته است، اما عوارض نزدیکتر بیشتر به هم وابسته اند، تا عوارض دورتر (توبلر، ۱۹۷۰).

همان‌طور که از مطالعات مورد بررسی در بخش قبلی مشاهده می‌شود تفاوت این مطالعه با مطالعات انجام شده در این است که در این مطالعه تحقیق و توسعه داخلی و عوامل تکنولوژیکی (بخصوص سرمایه گذاری مستقیم خارجی) مورد بررسی قرار گرفته است که در مطالعات قبلی این متغیرها مورد بررسی قرار نگرفته است.

۴. نتایج تجربی

مانایی و نامانایی متغیرهای تحقیق توسط آزمون ای ریشه واحد پانلی مورد آزمون قرار می‌گیرد. در صورت مانایی متغیرها می‌توان از سطح متغیرها برای مدلسازی استفاده کرده و از مشکل رگرسیون کاذب دوری جست با توجه به اینکه داده‌های مورد بررسی در این مطالعه از تعداد ۲۹ مقطع متفاوت با دوره زمانی ۹ سال تشکیل شده است. به منظور بررسی مانایی متغیرها از آزمونهای ریشه واحد داده‌های ترکیبی استفاده شده است.

Lasage, J., Pace, K. (2013). Introduction to spatial econometrics. Translated in Farsi by: Jalaie, E, A., Jamshidnezhad, A. 2013, Noure Elm Press. First Edition. (in persian)

1. STATA 14
2. Tobler's first law of geography

جدول ۱. نتایج آزمون‌های ریشه واحد پانلی لوین، لین و چو (LLC) برای لگاریتم طبیعی متغیرهای مدل

تفاضل مرتبه اول متغیرها		سطح متغیرها		
با عرض از مبدا	با عرض از مبدا و روند	با عرض از مبدا	با عرض از مبدا و روند	متغیر
		-۸/۶۱۲۷۴ ***(.۰/۰۰۰۰)	-۱۸/۱۹۸۸ ***(.۰/۰۰۰۰)	Ei
	-۶/۳۶۸۳ ***(.۰/۰۰۰۰)	-۳/۹۰۱۰۹ ***(.۰/۰۰۰۰)	۵/۴۳۷۶۲ (۱/۰۰۰۰)	RD
-۲/۵۶۴۳۴ ***(.۰/۰۰۵۲)		-۰/۶۰۴۹۳ (۰/۲۷۲۶)	۳/۳۶۱۷۹ ***(.۰/۰۰۰۴)	SFDI
		-۳۵/۱۳۶۱ ***(.۰/۰۰۰۰)	-۳۷/۴۷۲۹ ***(.۰/۰۰۰۰)	SEX
		۸/۵۵۴۴۰ ***(.۰/۰۰۰۰)	۶/۶۴۲۵۱ ***(.۰/۰۰۰۰)	SIM
		-۹/۷۷۸۵۹ ***(.۰/۰۰۰۰)	-۳/۲۱۶۹۷ ***(.۰/۰۰۰۶)	PE
	-۸/۰۴۴۳۴ ***(.۰/۰۰۰۰)	-۴/۱۵۰۷۴ ***(.۰/۰۰۰۰)	-۰/۵۷۱۹۷ (۰/۲۸۳۷)	ES
-۱۲/۶۸۱۴ ***(.۰/۰۰۰۰)		-۰/۶۱۴۸۲ (۰/۲۶۹۳)	-۳/۸۲۰۹۸ ***(.۰/۰۰۰۰۱)	U

ماخذ: یافته‌های پژوهش. نکته: فرض صفر در هریک از آزمون‌های ریشه واحد بالا نامانایی و فرض مقابل مانایی می‌باشد. اعداد داخل پارانتر بیانگر احتمال مربوطه می‌باشند. ***: بیانگر معنی داری در سطح یک درصد. **: بیانگر معنی داری در سطح پنج درصد. *: بیانگر معنی داری در سطح ۱۰ درصد.

بر طبق نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد LLC تمامی متغیرهای تحقیق در سطح مانا بوده و آزمون ریشه واحد در آنها رد می‌شود. بنابراین می‌توان از سطح متغیرها برای رگرسیون استفاده کرد و از مشکل رگرسیون کاذب دوری جست.

پس از تأیید ایستایی متغیرهای مطالعه، لزوم استفاده از داده‌های تابلویی با استفاده از آزمون چاو بررسی می‌شود. در آزمون چاو فرضیه بیانگر صفر یکسان بودن عرض از مبداها (لزوم استفاده از داده‌های تلفیقی) و فرضیه مقابل نمایانگر متفاوت بودن عرض از مبداها (لزوم

استفاده از های تابلویی داده) است. بر اساس جدول (۲) مقدار آماره F در ناحیه رد فرضیه صفر قرار می‌گیرد و بنابراین باید از داده های تابلویی برای تخمین استفاده نمود.

آزمون موران متداولترین آزمون جهت بررسی خودهمبستگی فضایی در داده‌ها است. فرض صفر در این آزمون نمایانگر نبود خودهمبستگی فضایی و فرض مقابل نشان دهنده وجود خودهمبستگی فضایی است. بر اساس نتایج جدول (۲)، فرض صفر مبنی بر نبود خودهمبستگی فضایی رد می‌گردد و با توجه به علامت مثبت آماره این آزمون، خودهمبستگی مثبت فضایی در داده‌ها وجود دارد.

برای آزمون این مسأله که آیا الگو دوربین فضایی را می‌توان به الگو خطای فضایی یا الگو وقفه فضایی تقلیل داد یا خیر، از آزمون نسبت راستنمایی (LR) استفاده می‌گردد که فرض صفر آن برای الگو خطای فضایی $H_0: \beta\delta + \gamma = 0$ و برای الگو وقفه فضایی $H_0: \gamma = 0$ می‌باشد. بر اساس مطالب مطرح شده، چنانچه فرض صفر در آزمون نسبت راستنمایی رد گردد؛ الگو دوربین فضایی برای برآورد الگو مناسب می‌باشد. نتایج جدول (۲) نمایانگر آن است که فرض صفر در آزمون نسبت راستنمایی رد می‌شود و بر این اساس می‌توان چنین نتیجه گرفت که الگو دوربین برای برآورد الگوی تخصیص بودجه مناسب می‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون های آماری

آزمون	آماره آزمون	مقدار آماره	ارزش احتمالی
چاو (chow)	F	۱۴۶۰۶	۰۰۰۰۷
آزمون هاسمن	H	۱۹/۲۰	۰/۱۱۷۲
موران (moran)	Z	۰۰۹۴۵۲	۰۰۰۱۱
آزمون والد (wald)	w	۱۴۶۳/۰۹۲۰	۰/۰۰۰۰
نسبت راستنمایی (ratio Likelihood)	χ^2	۱۵۱/۸۳۸۳	۰۰۰۰۰
نسبت راستنمایی (-ratio Likelihood)	χ^2	۱۵۶/۷۹۲۴	۰/۰۰۰۰
LR Test			

مأخذ: نتایج تحقیق

برای انتخاب روش برآورد میان اثرات ثابت و اثرات تصادفی در داده رویکردهای تابلویی فضایی از آزمون هاسمن استفاده می‌شود. آزمون هاسمن در حقیقت آزمون فرضیه ناهمبسته بودن اثرات انفرادی و متغیرهای توضیحی است که بر طبق آن، ضرایب تخمینی در برآوردهای اثرات ثابت و تصادفی با هم مقایسه می‌شوند. اگر بین جزء اخلاص و متغیر توضیحی همبستگی وجود نداشته باشد، هر دو تخمین زن اثرات ثابت و تصادفی سازگار هستند. از طرف دیگر، اگر بین جزء اخلاص و متغیر توضیحی همبستگی وجود داشته باشد، تخمین زن اثرات تصادفی ناسازگار و تخمین زن اثرات ثابت سازگار و کارا است. فرض صفر در این آزمون بیانگر عدم همبستگی بین متغیرهای توضیحی و خطای تخمین می‌باشد و فرض مقابل نشان دهنده وجود ارتباط است. در جدول (۲) نتایج آزمون هاسمن گزارش شده است. براساس نتایج آزمون فرضیه صفر مبنی بر وجود اثرات تصادفی رد نشده و می‌بایست برآورد به روش اثرات تصادفی انجام شود.

جدول ۳. نتایج تخمین مدل تجربی پژوهش - تصریح دوربین فضایی پانلی با لحاظ اثرات تصادفی

متغیرها	ضرایب	tآماره	ارزش احتمال
R&D	-۰/۰۰۴۰۴	-۲/۵۴	** ۰/۰۵۲
FDI	/۰۰۱۱۶	۳/۶۲	*** ۰/۰۰۰
SIM	-۰/۰۰۶۴۳	-۲/۴۲	*** ۰/۰۱۶
SEX	۰/۰۰۲۵۴	۲/۴۱	** ۰/۰۱۶
PE	-۰/۰۲۷۶	-۱/۱۲	* ۰/۰۶۲
ES	-۰/۰۱۷	-۲/۸۲	*** ۰/۰۰۵
U	۰/۰۰۲۰	۰/۰۵	* ۰/۰۵۸
WX			
R&D	-۰/۰۰۳۱۹	-۳/۱۱	*** ۰/۰۰۲
FDI	۰/۰۰۸۹۷	۱/۷۵	* ۰/۰۸۱

متغیرها	ضرایب	آماره	ارزش احتمال
SIM	۰/۰۰۱۱۰	۲/۵۶	*** ۰/۰۱۰
SEX	۰/۰۲۰۸	۱/۸۳	* ۰/۰۶۷
PE	-۰/۰۱۶۴	-۳/۰۸	*** ۰/۰۰۲
ES	۰/۰۰۶۲	۳/۹۲	*** ۰/۰۰۰
U	-۰/۰۰۱۹	-۳/۹۶	*** ۰/۰۰۰
/RHO	-۰.۰۵۱۶	-۲/۹۶	*** ۰/۰۰۳
/SIGMA	۰/۰۰۸۹۸	۱۱/۴۲	*** ۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌ها. ***: بیانگر معنی داری در سطح یک درصد. **: بیانگر معنی داری در سطح پنج درصد. *: بیانگر معنی داری در سطح ۱۰ درصد.

همان‌طور که اشاره شد با توجه به وجود پدیده وابستگی فضایی در متغیرهای پژوهش، مدل‌سازی عوامل تکنولوژیکی و شدت مصرف انرژی در این پژوهش در حضور بعد فضا صورت گرفته و بدین منظور از تخمین زن پانلی فضایی با لحاظ اثرات تصادفی فضایی استفاده شده است. جدول (۳) نتایج تخمین پژوهش را نشان می‌دهد که تحقیق و توسعه داخلی و واردات از عوامل تکنولوژی باعث کاهش شدت انرژی شده است، ولی ضرایب آن‌ها بسیار کم و ناچیز است. از لحاظ نظری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز می‌تواند نقش بسزایی در کاهش شدت انرژی داشته باشد، ولی براساس نتایج این پژوهش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) (تأثیر منفی و بسیار ناچیزی در کاهش شدت انرژی ایفا می‌کند.

صادرات به عنوان یکی از عوامل فناوری در این پژوهش تأثیر مثبت در شدت انرژی دارد. از لحاظ نظری، صادرات ممکن است تا حد زیادی به کاهش شدت انرژی کمک کند. این به این دلیل است که صادرات می‌تواند شرکت‌ها را به فن‌آوری صرفه‌جویی در انرژی برای کاهش هزینه تولید و افزایش رقابت در بازار جهانی انگیزه دهد. موانع تجارت فزاینده‌ای که

سبب جدی شدن تجارت می‌شود، شرکت‌ها را متعهد به بهبود تکنولوژی تولید و کیفیت محصولات می‌کند. با این حال، نتیجه این پژوهش جالب است که ضریب صادرات (EX) در مدل مثبت است، که نشان می‌دهد که گسترش تکنولوژی از طریق صادرات، شدت انرژی را بدتر کرده است. این رابطه مثبت بین شدت انرژی و صادرات توسط ژانگ و همکاران^۱ (۲۰۱۱)، یان^۲ (۲۰۱۵) و هوانگ و همکاران^۳ (۲۰۱۷) نیز بدست آمده است. دو دلیل عمده برای این نتیجه می‌توان بیان کرد. اول، صادرات سالها است که به عنوان یکی از سه موتور اصلی برای حمایت از رشد اقتصادی سریع، توسط سیاستگذاران شناخته شده است. دوم، بخش بزرگی از صادرات ایران به کشورهای دیگر (مناطق) بر صنایع با ارزش افزوده، کم کار و کم فنآوری و مواد اولیه مانند نفت خام و برنج تمرکز دارد. در نتیجه، گسترش تکنولوژی از طریق صادرات، تاثیر مثبتی بر کاهش شدت انرژی در ایران نشان نداده است

متغیرهای کنترل، قیمت انرژی نقش مثبت در کاهش شدت انرژی ایفا می‌کند که با هوانگ و توو^۳ (۲۰۰۷)، وو^۴ (۲۰۱۲) و یان^۵ (۲۰۱۵) و هوانگ و همکاران^۶ (۲۰۱۷) سازگار است. در مقابل شدت مصرف انرژی در هر استان نسبت به شاخص قیمت انرژی استان‌های مجاور نیز منفی بوده و افزایش یک درصدی شاخص قیمت انرژی در استانهای مجاور، باعث کاهش شاخص شدت مصرف انرژی آن استان به اندازه ۰/۰۱۶۴ درصد می‌شود. ساختار اقتصادی اثر منفی و معناداری و مطابق انتظار بر کاهش شدت انرژی دارد، که نشان می‌دهد که روند صنعتی شدن، شدت انرژی را افزایش می‌دهد. که بیانگر این نکته مهم است که طی بازه زمانی تحقیق (۱۳۸۶-۱۳۹۴) افزایش سهم بخش خدمات در اقتصاد استانهای کشور باعث کاهش انرژی

1. Zheng et al
2. Yan
3. Hang and Tu
4. Wu
5. Yan

بری استان‌ها شده است. شهرنشینی نیز به عنوان یکی از متغیرهای کنترل تاثیر مثبت در شدت انرژی دارد به این معنی که افزایش شهرنشینی موجب افزایش شدت مصرف انرژی می‌شود.

الگوهای رگرسیون فضایی از ساختار پیچیده وابستگی فضایی در مشاهدات استفاده می‌کنند که این مشاهدات نمایانگر مناطق، استانها و ... می‌باشند و پارامترهای برآوردی آن شامل اطلاعات ارزشمندی از ارتباط میان مشاهدات یا مناطق است. مهمترین کاربرد مدل فضایی عمومی، بررسی سرریزهای فضایی یا سرازیت‌های اثرات متغیر مورد مطالعه، به منا و مجاور منطقه مورد بررسی، است چرا که براساس مطالعات لسیج و پیس^۱ (۲۰۰۹) برای به دست آوردن اثر مستقیم در ابتدا تاثیر افزایش متغیر توضیحی در استان i بر متغیر وابسته در خود استان i محاسبه (به عبارت دیگر مشتق جزئی برابر با $\partial y_i / \partial x_i$ می‌باشد) و از آن جایی که $i = 1, 2, \dots, n$ می‌باشد، از تمامی تاثیرها در کل منطقه میانگین گرفته می‌شود. جهت محاسبه اثر تجمعی غیرمستقیم در ابتدا تاثیر افزایش متغیر توضیحی در استان j بر متغیر وابسته در استان i محاسبه (به عبارت دیگر مشتق جزئی - متقاطع برابر با $\partial y_i / \partial x_j$ می‌باشد) می‌شود و میانگین این اثرها در کل منطقه بیانگر اثر سرریز ناشی از افزایش متغیر توضیحی در یک استان بر متغیر وابسته در تمامی استانهای موجود در منطقه است اثر کل ناشی از افزایش متغیر توضیحی بر روی تمامی استانهای مورد بررسی برابر با مجموع اثرات مستقیم و غیرمستقیم است به طور کلی، اثر مستقیم حاکی از سرریزهای درون استانی و اثر غیرمستقیم حاکی از سرریزهای بین استانی است. بر این اساس می‌توان معنی داری اثر مستقیم و غیرمستقیم هر یک از متغیرهای توضیحی را بر متغیر وابسته به دست آورد. شایان ذکر است که از هر سه اثر در تمامی استانها و دوره‌های زمانی میانگین گرفته شده است در این راستا با استفاده از مدل فضایی عمومی می‌توان اثر مستقیم، سرریز و اثر کل را از یکدیگر تفکیک نمود. در جدول (۴) اثرات مستقیم و غیر مستقیم و کل آورده شده است.

ادامه جدول ۶. برآورد اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کلی

اثرات	ضرایب	آماره t	ارزش احتمال
اثرات مستقیم			
R&D	-۰/۰۰۴۷۰	-۲/۶۰	*** ۰/۰۱۶
FDI	۰/۰۰۱۱۴	۳/۶۷	*** ۰/۰۰۰
IM	-۰/۰۰۶۲۵	-۲/۴۶	* ۰/۰۱۴
EX	۰/۰۰۶۲۵	۲/۴۹	** ۰/۰۱۴
PE	-۰/۰۲۷۳	-۲/۱۳	** ۰/۰۲۷
ES	۰/۰۱۷۹	۲/۹۱	*** ۰/۰۰۹
U	۰/۰۰۲۶	۲/۰۶	** ۰/۰۵۰
اثرات غیرمستقیم			
R&D	-۰/۰۰۳۶۴	-۲/۰۴	** ۰/۰۴۲
FDI	۰/۰۰۸۳۲	۱/۰۹	۰/۲۷۷
IM	۰/۰۰۱۰۷	۲/۰۸	** ۰/۰۳۸
EX	۰/۰۰۲۷۴	۱/۵۰	* ۰/۰۷۶
PE	-۰/۰۱۵۰۳	-۲/۰۶	** ۰/۰۴۲
ES	۰/۰۰۵۸	۲/۵۴	* ۰/۰۹۲
U	-۰/۰۰۲۵	-۲/۰۴	** ۰/۰۰۳
اثرات کل			
R&D	-۰/۰۳۱۷	-۲/۵۹	** ۰/۰۱۱
FDI	۰/۰۰۱۹۷	۲/۳۵	** ۰/۰۱۹
IM	-۰/۰۴۴۲۰	۱/۷۶	** ۰/۰۵۰
EX	۰/۰۵۱۲	۱/۹۴	** ۰/۰۵۲
PE	-۰/۰۴۲۶	-۵/۲۱	*** ۰/۰۰۰
ES	۰/۰۲۳۷۵	۲/۱۰	** ۰/۰۳۵
U	۰/۰۰۰۱۳	۱/۰۹	* ۰/۰۹۷

مأخذ: یافته‌ها. ***: بیانگر معنی داری در سطح یک درصد. **: بیانگر معنی داری در سطح پنج درصد. *: بیانگر

معنی داری در سطح ۱۰

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، شواهد فراوانی وجود دارد که وضعیت شدت مصرف انرژی در یک استان نه تنها به عملکرد خود استان بلکه به وضعیت شدت مصرف انرژی استانهای مجاور نیز بستگی دارد. تحقیق و توسعه داخلی و سه مولفه تکنولوژی شامل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، واردات و صادرات و ساختار اقتصادی از استانهای مجاور به استان هدف باعث افزایش شدت مصرف انرژی و تقاضای انرژی در آن استان می‌شود، بنابراین برای کاهش شدت مصرف انرژی در سطح سازمان فضایی کشور، بایستی منطقه‌ای عمل کرد و تحلیل شدت مصرف انرژی هر استان بدون توجه به عملکرد استانهای مجاور می‌تواند منجر به استنتاج غلط آماری و اتخاذ سیاست نادرست شود.

با توجه به اثرات کل تحقیق و توسعه داخلی، واردات و قیمت انرژی تاثیر مثبتی در کاهش شدت انرژی دارد و شهرنشینی و ساختار اقتصادی (صنعتی شدن)، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و صادرات تاثیر مثبت بر شدت مصرف انرژی دارد. هر چند ضریب تحقیق و توسعه بسیار کم است ولی تاثیر مثبت آن بر کاهش شدت مصرف انرژی نشان می‌دهد که تحقیق و توسعه می‌تواند به عنوان یکی از عوامل فناوری نوظهور تاثیر مثبتی در کاهش شدت مصرف انرژی و صرفه‌جویی در انرژی داشته باشد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در هر سه حالت مستقیم و غیر مستقیم و کل تاثیر منفی بر کاهش شدت مصرف انرژی داشته است یعنی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی هم بر شدت انرژی استان خودی و هم استان‌های همسایه و هم بر کل کشور تاثیر مثبت دارد. که نشان می‌دهد سرریز فناوری خارجی از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نتوانسته در کاهش شدت انرژی موثر باشد. اگر به آمار و اطلاعات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نگاه کنیم مشاهده می‌کنیم که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بسیار کم و در بعضی استان‌ها منفی نیز بوده است. بنابراین با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منفی نمی‌توان شدت مصرف انرژی را کاهش داد. براساس مبانی نظری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از طریق انتقال تکنولوژی پیشرفته و راهکارهای مدیریتی نوین می‌تواند در کاهش شدت مصرف انرژی بسیار موثر باشد. ولی ایران بخاطر تحریم‌های که در دهه اخیر نیز بسیار شدت گرفته است و موقعیت جغرافیایی

که دارد از جهت ناامن بودن منطقه خاورمیانه در جذب سرمایه گذاری خارجی موفق نبوده است. در واقع می توان گفت اینکه سرمایه گذاری مستقیم خارجی تاثیر مثبتی در جهت کاهش شدت مصرف انرژی دارد به جهت ماهیت و رابطه این دو متغیر نیست در واقع ناشی از نبود سرمایه گذاری مستقیم خارجی است.

تجارت خارجی ناشی از واردات بطور مستقیم و کل دارای تاثیر مثبت در کاهش شدت مصرف انرژی است. یعنی واردات در کاهش شدت مصرف انرژی استان خودی تاثیر مثبت و برای استان های مجاور تاثیر منفی داشته است. و در حال کل برای تمامی استان های تاثیر مثبت در کاهش شدت مصرف انرژی داشته است. وجود تاثیر مثبت واردات در کاهش شدت مصرف انرژی از دو جهت می تواند باشد یکی واردات کالاهای با فناوری نوین و در واقع واردات فناوری های نوین که باعث می شود بخش های تولیدی داخلی با تقلید و یادگیری فناوری از واردات شدت مصرف انرژی خود را کاهش دهند و دوم واردات باعث کاهش تولید داخلی و از این جهت کاهش مصرف انرژی داخلی شود. که مورد اول می تواند موجب پیشرفت کشور شود ولی مورد دوم مورد بحث است. در واقع واردات کالاهای سرمایه ای و واسطه ای که در واقع نوعی واردات فناوری محسوب می شود نه تنها موجب کاهش شدت مصرف انرژی می شود بلکه پیشرفت اقتصادی را نیز در پی دارد ولی واردات کالاهای مصرفی که در واقع موجب تعطیلی تولیدات داخلی می شود هم موجب کاهش شدت مصرف انرژی شود و هم کاهش پیشرفت اقتصادی می شود.

تجارت خارجی ناشی از صادرات بطور مستقیم و غیر مستقیم و کل دارای تاثیر مثبت بر شدت مصرف انرژی است. یعنی تاثیر افزایش صادرات چه بر شدت مصرف انرژی استان خودی چه استان های مجاور تاثیر مثبت دارد. از لحاظ نظری، کاهش شدت انرژی از طریق صادرات امکان پذیر است. این به این دلیل است که صادرات می تواند راهی برای اتخاذ تکنولوژی صرفه جویی در انرژی برای کاهش هزینه تولید و افزایش رقابت در بازار جهانی به شرکت ها انگیزه دهد. به طور فزاینده موانع تجاری سختگیرانه سبز نیز شرکت ها را به بهبود

فن آوری و کیفیت محصول تولید تحمیل می‌کند. با این حال، ضریب صادرات در این تحقیق همواره مثبت است، که نشان می‌دهد که تکنولوژی از طریق صادرات شدت انرژی ایران را بدتر کرده است.

از متغیرهای کنترل ساختار اقتصادی (صنعتی شدن)، هم مستقیم و هم غیر مستقیم و هم کل تاثیر منفی در کاهش شدت مصرف انرژی دارد بدین معنی که صنعتی شدن موجب افزایش مصرف انرژی می‌شود که مورد انتظار از لحاظ مبانی نظری است. قیمت انرژی نیز تاثیر مثبتی در کاهش شدت مصرف انرژی در هر سه حالت دارد، یعنی قیمت انرژی هم بر شدت مصرف انرژی استان خودی و هم استان‌های مجاور و هم کل کشور تاثیر منفی دارد. که براساس تقاضا و رابطه معکوس بین قیمت و تقاضا وجود این رابطه ی منفی از لحاظ مبانی نظری مورد تایید است. شاخص شهرنشینی نیز هم در هر سه حالت تاثیر منفی در کاهش شدت انرژی داشته است در واقع افزایش شهرنشینی موجب افزایش شدت مصرف انرژی هم بر استان خودی هم بر استان‌های مجاور می‌شود.

۵. نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

هدف اصلی این مطالعه بررسی تاثیر تحقیق و توسعه داخلی و گسترش فناوری از طریق سرمایه گذاری مستقیم خارجی، صادرات و واردات بر شدت مصرف انرژی بوده است. برای بررسی رفتارهای این عوامل تکنولوژیکی بر شدت انرژی منظور با استفاده از داده های پانلی ۲۹ استان ایران (به جز البرز و خراسان جنوبی به علت ناقص بودن آمار و اطلاعات) طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۹۴ از مدل دورین فضایی با اثرات تصادفی استفاده شده است از آنجا که مناطق ایران در مرحله در حال توسعه و ناهمگن هستند، اثرات تداخل تکنولوژی بر پتانسیل کاهش شدت انرژی ممکن است تحت تاثیر قرار گیرد نتیجه گیری اصلی به شرح زیر است:

سرمایه گذاری های بومی در تحقیق و توسعه تاثیر منفی بر شدت انرژی دارد به عبارتی افزایش در سرمایه گذاری تحقیق و توسعه تاثیر مثبت بر کاهش شدت انرژی دارد که این نتیجه با نتیجه مطالعاتی همچون فیشر و همکاران (۲۰۰۴) همچنین تنگ (۲۰۱۱)، ژنگ و همکاران

(۲۰۱۱)، هوانگ و یو (۲۰۱۶)، راسخی و همکاران (۱۳۹۵) و هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) همسو بوده است بنابراین سرمایه گذاری بومی در تحقیق و توسعه می تواند به عنوان یک عامل و راه حلی نوپا در کشورهای در حال توسعه اقدام مناسبی برای کاهش شدت انرژی باشد هر چند ضریب آن بسیار کم بوده است ولی با این حال اگر تحقیق و توسعه را یک مسیر نوظهور در نظر بگیریم قابل توجه است. تجارت خارجی در قالب واردات یک اثر مثبت را برای کاهش شدت انرژی ایجاد می کند که همسو با مطالعات کول (۲۰۰۶)، ژنگ و همکاران (۲۰۱۱) و هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) است. با این حال، گسترش فناوری از صادرات که با مطالعاتی همچون ژنگ و همکاران (۲۰۱۱) و هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) هم سو است و FDI، شدت انرژی را تشدید می کند. علاوه بر این افزایش قیمت انرژی موجب کاهش شدت مصرف انرژی می شود که به توجه به قضیه تقاضا و قیمت و رابطه معکوس این دو مولفه، از این رابطه می توان پی برد که انرژی یک کالای عادی برای مردم ایران محسوب می شود که در مطالعاتی همچون میروسلاو و همکاران (۲۰۱۷)، آرمن و تقی زاده (۱۳۹۲)، فرج زاده (۱۳۹۴) و سیف و حمیدی (۱۳۹۵) نیز تایید شده است. شهرنشینی و صنعتی شدن نیز تاثیر مثبت در شدت مصرف انرژی دارد، چرا که شهر نشینی و صنعتی شدن موجب افزایش مصرف انرژی می شود که همسو با مطالعاتی همچون سیف و حمیدی (۱۳۹۵)، یان (۲۰۱۵) و هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) می باشد.

متغیر	کاهش شدت انرژی
	نتیجه مطالعات قبلی
	نتیجه این مطالعه
	فیشر و همکاران (۲۰۰۴)، مثبت
	تنگ (۲۰۱۱)، مثبت
	ژنگ و همکاران (۲۰۱۱)، مثبت
	هوانگ و یو (۲۰۱۶)، مثبت
تحقیق و توسعه بومی	راسخی و همکاران (۱۳۹۵)، مثبت
	هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، مثبت
	نتیجه این مطالعه نیز تاثیر مثبت تحقیق و توسعه بومی بر کاهش شدت انرژی را تایید کرد.

متغیر	کاهش شدت انرژی
سرمایه گذاری مستقیم خارجی	انتویلر و همکاران (۲۰۰۱)، مثبت
	میلینگ و گلدمیرک (۲۰۰۲)، مثبت
	هوبلر (۲۰۰۹)، مثبت، مثبت
	الیوت و همکاران (۲۰۱۳)، مثبت هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، مثبت هوبلر و کلر (۲۰۱۰)، منفی
واردات	کول (۲۰۰۶)، مثبت
	ژنگ و همکاران (۲۰۱۱)، مثبت هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، مثبت
صادرات	کول (۲۰۰۶)، منفی
	ژنگ و همکاران (۲۰۱۱)، منفی هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، منفی یو (۲۰۱۲)، مثبت
قیمت انرژی	آرمن و تقی زاده (۱۳۹۲)، مثبت
	میروسلا و همکاران (۲۰۱۷)، مثبت
	هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، مثبت
	فرج زاده (۱۳۹۴)، مثبت
	سیف و حمیدی (۱۳۹۵)، مثبت
	سیف و حمیدی (۱۳۹۶)، منفی اقبالی و همکاران (۱۳۹۴)، مثبت عاشوری و همکاران (۱۳۹۸)، مثبت
شه‌رنشینی	سیف و حمیدی (۱۳۹۵)، منفی
	سیف و حمیدی (۱۳۹۶)، منفی یان (۲۰۱۵)، منفی هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، منفی
ساختار اقتصادی	سیف و حمیدی (۱۳۹۵)، منفی
	سیف و حمیدی (۱۳۹۶)، منفی
	یان (۲۰۱۵)، منفی
	هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، منفی عاشوری و همکاران (۱۳۹۸)، منفی

مأخذ: نتایج تحقیق

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان توصیه‌های زیر را به عنوان یاری‌کننده کاهش شدت

انرژی توصیه کرد:

- با توجه به تاثیر مثبت تحقیق و توسعه در کاهش شدت انرژی، توصیه می‌شود باید به طور جدی سرمایه‌گذاری‌های بومی در فعالیتهای تحقیق و توسعه را به عنوان عامل فناوری داخلی در کاهش شدت انرژی و توسعه اقتصاد پایدار بین چهار عامل تکنولوژیکی تقویت کرد.
- با توجه به تاثیر مثبت واردات به عنوان یکی از عوامل تکنولوژی در کاهش شدت مصرف انرژی توصیه می‌شود افزایش واردات به خصوص واردات مواد اولیه و سرمایه‌ای و از این طریق سرریز فناوری را تقویت کنند
- با ایجاد محیطی امن و قابل اعتماد برای جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و فناوری‌های نوین مسیری را در جهت کاهش شدت مصرف انرژی باز کنند.
- تاثیر مثبت قیمت انرژی در کاهش شدت انرژی بیانگر آن است که حذف بخشی از یارانه‌های حامل‌های نفتی توانسته تاثیر مثبت و موثری در کاهش مصرف این حامل‌ها داشته باشد بنابراین توصیه می‌شود در جهت حذف یارانه‌ها اقداماتی موثر صورت گیرد.
- شهرنشینی و ساختار اقتصادی مطابق انتظار تاثیر منفی در جهت کاهش شدت مصرف انرژی دارد که توصیه می‌شود با بردن کارخانجات و صنعت‌ها به مناطق دور از شهر و ایجاد کارخانجات در مناطق روستایی هم از کوچ روستایان به شهر و افزایش شهرنشینی جلوگیری شود و هم با کاهش صنعتی شدن شهرها و افزایش این صنایع در روستاها ساختار صنعتی کشور به صورت منظم و یکدست در تمام مناطق کشور دربیاید.

منابع

- آرمن سید عزیز ، تقی زاده سمیرا (۱۳۹۲) ، بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه ای ایران ، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران ، سال دوم ، شماره ۸ ، صص ۱-۲۰.
- اقبال علی رضا ، گسگری ریحانه ، مرادی مهدیس ، پرهیزی هادی (۱۳۹۴) ، بررسی شدت انرژی در کشورهای نفتی و غیر نفتی ، تحقیقات اقتصادی ، دوره ۵۰ ، شماره ۱ ، صص ۱-۲۰.
- راسخی سعید ، اسدی سید پیمان ، کیانی مائده (۱۳۹۵) ، مدل‌سازی شدت انرژی در صنایع کارخانه ای ایران ، فصلنامه مدل‌سازی اقتصاد سنجی ، سال دوم ، شماره اول ، صص ۳۳-۵۷.
- فوج زاده زکریا (۱۳۹۴) ، شدت انرژی در اقتصاد ایران : اجزا و عوامل تعیین کننده ، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ، سال چهارم ، شماره ۱۵ ، صص ۴۳-۸۶.
- ابراهیمی سالاری تقی ، قطب الدینیان یزد (۱۳۹۲) ، تحلیلی از روند شدت مصرف انرژی در کشورهای عمده صادرکننده نفت خام (طی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۰) ، سومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی ، دانشگاه فردوسی مشهد.
- سیف اله مراد ، حمیدی رزی داوود (۱۳۹۵) ، بررسی تاثیر شاخص های منتخب دانش بنیان بر شدت انرژی استان های کشور ، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ، سال پنجم ، شماره ۱۷ ، صص ۱۰۱-۱۴۵.
- سیف اله مراد ، حمیدی رزی داوود (۱۳۹۶) ، عوامل موثر بر شاخص شدت انرژی استان های کشور : رهیافت داده های تابلویی پویای فضایی ، فصل نامه ی مطالعات اقتصادی انرژی ، سال سیزدهم ، شماره ۵۲ ، صص ۶۱-۱۰۳.
- عاشوری مریم ، پارسا حجت ، حیدری ابراهیم (۱۳۹۸) عوامل موثر بر شدت انرژی در استان های ایران: رویکرد میانگین گیری بیزی. فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی؛ (۱۴)۵ ، صص ۲۹-۶۳.
- متفکر آزاد محمد علی ، مظفری زانا (۱۳۹۵) ، مصرف انرژی در افق سیکل های تجاری صنعت ایران. فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی؛ ۲ (۵) ، صص ۱۶۵-۱۹۸
- وزارت نیرو (۱۳۹۵) ، ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶-۱۳۹۵ ، دفتر بر نامه ریزی کلان برق و انرژی.
- سالنامه آماری استان ها (سال ۱۳۸۶-۱۳۹۴) ، مرکز آمار ایران.

مدیریت تامین و توزیع، آمار نامه مصرف فرآورده های نفتی انرژی زا (سال ۸۹-۹۴). شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران.

چکیده نتایج طرح آمارگیری از کارگاه های دارای فعالیت تحقیق و توسعه (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹)، نشریات مرکز آمار ایران.

نتایج آمارگیری از فعالیت های دارای تحقیق و توسعه (سال های ۸۹-۹۱-۹۲-۹۴)، نشریات مرکز آمار ایران.

- Adom, P.K.** (2015). Asymmetric impacts of the determinants of energy intensity in Nigeria. *Energy Econ.* 49, 570–580.
- Adom, P.K., Kwakwa, P.A.** (2014). Effects of changing trade structure and technical characteristics of the manufacturing sector on energy intensity in Ghana. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 35, 475–483.
- Antweiler, W., Copeland, B.R., Taylor, M.S.** (2001). Is free trade good for the environment? *Am. Econ. Rev.* 91, 877–908.
- Coe, D.T., Helpman, E.** (1995). International R & D spillovers. *Eur. Econ. Rev.* 39, 859–887.
- Cohen, W., Levinthal, D.A.** (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *Econ. J.* 99, 569–596.
- Cole, M.A.** (2006). Does trade liberalization increase national energy use? *Econ. Lett.* 92, 108–112.
- Dale W. Jorgenson** (1984), *The Role of Energy in Productivity Growth*, *The Energy Journal*, 03, 005, 11-26.
- Elliott, R.J.R., Sun, P.Y., Chen, S.Y.** (2013). Energy intensity and foreign direct investment: a Chinese city-level study. *Energy Econ.* 40, 484–494.
- Fisher-Vanden, K., Jefferson, G.H., Liu, H.M., Tao, Q.** (2004). What is driving China's decline in energy intensity? *Resour. Energy Econ.* 26, 77–97.
- Hang, L.M., Tu, M.Z.** (2007). The impacts of energy prices on energy intensity: evidence from China. *Energy Policy* 35, 2978–2988.
- Huang, J.B., Yu, S.W.** (2016). The effects of investment on energy intensity: evidence from China. *Chin. J. Popul. Resour. Environ.* 14, 197–207.
- Huang, J.B., Du, D., Hao, Y.** (2017). The driving forces of the change in China's energy intensity: an empirical research using DEA-Malmquist and spatial panel estimations. *Econ. Model.* 65, 40–49.
- Hübler, M.** (2009). Energy saving technology diffusion via FDI and trade: A CGE Model of China. *Kiel Working Papers*, available online: <<http://ideas.repec.org/p/kiel/kieliw/1479.html>>. (accessed 10 August 2016).
- Hübler, M., Keller, A.** (2010). Energy savings via FDI? Empirical evidence from developing countries. *Environ. Dev. Econ.* 15, 59–80.

- Keller, W.** (2002). Geographic localization of international technology diffusion. *Am. Econ. Rev.* 92, 120–142.
- LeSage J. P. & Pace, R. Kelley.** (2009). Introduction to spatial econometrics. 16-24.
- Mielnik, O., Goldemberg, J.** (2002). Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries. *Energy Policy* 30, 87–89.
- Miroslav Verbi, Sanja Filipovic, Mirjana Radovanovic** (2017), Electricity prices and energy intensity in Europe, *Utilities Policy*, 07, 001, 1-11
- Romer P.M.** (1990). Endogenous technological change. *J. Political Econ.* 98, S71–S102.
- Sadorsky, P.** (2013). Do urbanization and industrialization affect energy intensity in developing countries? *Energy Econ.* 37, 52–59.
- Saggi, K.** (2002). Trade, foreign direct investment, and international technology transfer: a survey. *World Bank Res. Obs.* 17, 191–235.
- Sam H. Schurr** (1982), Energy Efficiency and Productive Efficiency: Some Thoughts Based on American Experience, *The Energy Journal*, 03, 003. 3-14
- Soofi, Abdol S.** (2017). "A comparative study of Chinese and Iranian Science & Technology, and techno-industrial development policies," *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, vol. 122(C), pages 107-118.
- Teng, Y.H.** (2011). Indigenous R & D, technology import and energy consumption intensity: evidence from industrial sectors in China. *Chin. J. Popul Resour Environ* 21, 169–175.
- Wang, C.** (2013). Upgrading China's Information and Communication Technology Industry: State-Firm Strategic Coordination and the Geography of Technological Innovation. World Scientific Publishing Company, Singapore
- Wooldridge, J.M.** (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and PanelData*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Wu, Y.B.** (2008). Indigenous R & D, technology imports and productivity: evidence from industries across regions of China. *Econ. Res.* 8, 51–64.
- Wu Y.R.** (2012). Energy intensity and its determinants in China's regional economies. *Energy Policy* 41, 703–711.
- Yan H.J.** (2015). Provincial energy intensity in China: the role of urbanization. *Energy Policy* 86, 635–650.
- Zheng Y.M, Qi, J.H. and X.L. Chen** (2011). The effect of increasing exports on industrial energy intensity in China. *Energy Policy* 39, 2688–2698.

ضمیمه

```
use paneldata9.dta,clear
```

```
. spmat use WMat using WMat.spmat
object with name WMat already exists
r(498);
```

```
. spmat summarize WMat, links
```

Summary of spatial-weighting object WMat

```
-----
Matrix |      Description
-----+-----
Dimensions |      29 x 29
Stored as |      29 x 29
Links      |
total |      136
min |      3
mean |      4.689655
max |      8
-----
```

```
. xtset id year
panel variable: id (strongly balanced)
time variable: year, 1386 to 1394
delta: 1 unit
```

```
. xsmle ei rd fdi im ex ep es u , wmat(WMat) model(sdm) fe type(ind) effects
nsim(500)
```

Warning: All regressors will be spatially lagged

Iteration 0: Log-likelihood = 649.99657

Iteration 1: Log-likelihood = 658.23114

Iteration 2: Log-likelihood = 658.91237

Iteration 3: Log-likelihood = 658.91468

Iteration 4: Log-likelihood = 658.91468

Computing marginal effects standard errors using MC simulation...


```

rd | .00470 5.02e-10 2.60 0.016 -5.78e-10 1.39e-09
fdi | .001140 1.98e-09 3.67 0.000 2.33e-09 1.01e-08
im | -.006251 1.16e-11 -2.46 0.014 -4.09e-11 4.68e-12
ex | .006255 3.84e-12 2.49 0.014 4.35e-12 1.94e-11
pe | -.02734 .0000153 -2.13 0.027 -.000041 .0000191
es | .017954 .0397374 2.91 0.009 .0245668 .1803347
u | .002646 .270973 -2.06 0.050 -.6191376 .4430571

```

-----+-----
LR_Indirect |

```

rd | -.002648 1.14e-09 -2.04 0.042 -4.65e-09 -1.82e-10
fdi | .008325 5.03e-09 1.09 0.277 -5.01e-09 1.47e-08
im | .001076 2.56e-11 2.08 0.038 3.17e-12 1.04e-10
ex | .002746 9.09e-12 1.50 0.076 -5.75e-12 2.99e-11
pe | -.010536 .0000162 -2.06 0.042 -.0000508 .0000128
es | .0058649 .0649752 2.54 0.092 -.1081352 .1465627
u | -.0025521 .3679245 -2.04 0.003 -.7697709 .6724668

```

-----+-----
LR_Total |

```

rd | -.031709 1.26e-09 -2.59 0.011 -4.48e-09 4.58e-10
fdi | .001978 5.47e-09 2.35 0.019 3.36e-10 2.18e-08
im | -.044201 2.71e-11 -1.76 0.050 -1.78e-11 8.84e-11
ex | .051211 9.72e-12 1.94 0.052 4.88e-12 4.30e-11
pe | -.04263 5.54e-06 -5.21 0.000 -.0000409 -.0000192
es | .023755 .0744729 2.10 0.035 -.0242997 .2676287
u | .000133 .2480918 -1.09 0.097 -.6229433 .3495586

```

=====
***** Spatial Panel Aautocorrelation Tests**
=====

=====
Ho: Error has No Spatial AutoCorrelation

Ha: Error has Spatial AutoCorrelation

```

- GLOBAL Moran MI      = 0.6552  P-Value > Z(0.851) 0.0221
- GLOBAL Geary GC      = 1.0221  P-Value > Z(0.431) 0.0068
- GLOBAL Getis-Ords GO = -0.9351  P-Value > Z(-0.851) 0.0047

```

- Moran MI Error Test = 0.9452 P-Value > Z(14.346) 0.0011

- LM Error (Burrige) = 0.3823 P-Value > Chi2(1) 0.5364
 - LM Error (Robust) = 187.5993 P-Value > Chi2(1) 0.0000

Ho: Spatial Lagged Dependent Variable has No Spatial AutoCorrelation

Ha: Spatial Lagged Dependent Variable has Spatial AutoCorrelation

- LM Lag (Anselin) = 18.7680 P-Value > Chi2(1) 0.0000
 - LM Lag (Robust) = 205.9850 P-Value > Chi2(1) 0.0000

Ho: No General Spatial AutoCorrelation

Ha: General Spatial AutoCorrelation

- LM SAC (LMerr+LMLag_R) = 206.3673 P-Value > Chi2(2) 0.0000
 - LM SAC (LMLag+LMerr_R) = 206.3673 P-Value > Chi2(2) 0.0000

=====
 =====
***** Panel Heteroscedasticity Tests**

=====
 =====
Ho: Panel Homoscedasticity - Ha: Panel Heteroscedasticity

- Engle LM ARCH Test AR(1): E2 = E2_1 = 34.1318 P-Value > Chi2(1) 0.0000

 - Hall-Pagan LM Test: E2 = Yh = 44.6541 P-Value > Chi2(1) 0.0000
 - Hall-Pagan LM Test: E2 = Yh2 = 49.3503 P-Value > Chi2(1) 0.0000
 - Hall-Pagan LM Test: E2 = LYh2 = 22.0839 P-Value > Chi2(1) 0.0000

 - Harvey LM Test: LogE2 = X = 53.4597 P-Value > Chi2(2) 0.0000
 - Wald Test: LogE2 = X = 263.0920 P-Value > Chi2(1) 0.0000
 - Glejser LM Test: |E| = X = 91.9350 P-Value > Chi2(2) 0.0000
 - Breusch-Godfrey Test: E = E_1 X = 74.5513 P-Value > Chi2(1) 0.0000

 - Machado-Santos-Silva Test: Ev=Yh Yh2 = 52.2182 P-Value > Chi2(2) 0.0000

- Machado-Santos-Silva Test: Ev=X = 68.7462 P-Value > Chi2(14) 0.0000

 - White Test - Koenker(R2): E2 = X = 65.8239 P-Value > Chi2(14) 0.0000

- White Test - B-P-G (SSR): $E2 = X = 110.0468$ P-Value > Chi2(14) 0.0000

 - White Test - Koenker(R2): $E2 = X X2 = 83.5837$ P-Value > Chi2(28) 0.0000

- White Test - B-P-G (SSR): $E2 = X X2 = 139.7381$ P-Value > Chi2(28) 0.0000

 - White Test - Koenker(R2): $E2 = X X2 XX= 194.0052$ P-Value > Chi2(119)0.0000

- White Test - B-P-G (SSR): $E2 = X X2 XX= 324.3447$ P-Value > Chi2(119)0.0000

 - Cook-Weisberg LM Test: $E2/S2n = Yh = 74.6543$ P-Value > Chi2(1) 0.0000

- Cook-Weisberg LM Test: $E2/S2n = X = 110.0468$ P-Value > Chi2(14) 0.0000

***** Single Variable Tests (E2/Sig2):**

- Cook-Weisberg LM Test: rd = 0.6699 P-Value > Chi2(1) 0.4131

- Cook-Weisberg LM Test: fdi = 1.6818 P-Value > Chi2(1) 0.1947

- Cook-Weisberg LM Test: sex = 0.6754 P-Value > Chi2(1) 0.4112

- Cook-Weisberg LM Test: sim = 1.6520 P-Value > Chi2(1) 0.1987

- Cook-Weisberg LM Test: pe = 2.0597 P-Value > Chi2(1) 0.1512

- Cook-Weisberg LM Test: u = 9.7331 P-Value > Chi2(1) 0.0018

- Cook-Weisberg LM Test: es = 73.4107 P-Value > Chi2(1) 0.0000

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_rd = 0.5271 P-Value > Chi2(1) 0.4678

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_fdi = 0.1400 P-Value > Chi2(1) 0.7082

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_sex = 16.9405 P-Value > Chi2(1) 0.0000

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_sim = 18.1904 P-Value > Chi2(1) 0.0000

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_pe = 0.7678 P-Value > Chi2(1) 0.3809

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_u = 1.0643 P-Value > Chi2(1) 0.3022

- Cook-Weisberg LM Test: w1x_es = 0.2710 P-Value > Chi2(1) 0.6027

***** Single Variable Tests:**

- King LM Test: rd = 0.6543 P-Value > Chi2(1) 0.4186

- King LM Test: fdi = 0.0769 P-Value > Chi2(1) 0.7816

- King LM Test: sex = 6.8458 P-Value > Chi2(1) 0.0089

- King LM Test: sim = 7.1244 P-Value > Chi2(1) 0.0076

- King LM Test: pe = 3.2364 P-Value > Chi2(1) 0.0720

- King LM Test: u	= 12.9380 P-Value > Chi2(1) 0.0003
- King LM Test: es	= 66.0470 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- King LM Test: w1x_rd	= 0.9131 P-Value > Chi2(1) 0.3393
- King LM Test: w1x_fdi	= 2.3846 P-Value > Chi2(1) 0.1225
- King LM Test: w1x_sex	= 11.0759 P-Value > Chi2(1) 0.0009
- King LM Test: w1x_sim	= 5.4068 P-Value > Chi2(1) 0.0201
- King LM Test: w1x_pe	= 0.4323 P-Value > Chi2(1) 0.5108
- King LM Test: w1x_u	= 0.0000 P-Value > Chi2(1) 0.9988
- King LM Test: w1x_es	= 0.3066 P-Value > Chi2(1) 0.5797

*** Panel Groupwise Heteroscedasticity Tests**

Ho: Panel Homoscedasticity - Ha: Panel Groupwise Heteroscedasticity

- Lagrange Multiplier LM Test	= 259.8712 P-Value > Chi2(28) 0.0000
- Likelihood Ratio LR Test	= 156.7924 P-Value > Chi2(28) 0.0000
- Wald Test	= 1463.0920 P-Value > Chi2(29) 0.0000

*** Panel Non Normality Tests**

Ho: Normality - Ha: Non Normality

***** Non Normality Tests:**

- Jarque-Bera LM Test	= 21.1115 P-Value > Chi2(2) 0.0000
- White IM Test	= 27.5972 P-Value > Chi2(2) 0.0000
- Doornik-Hansen LM Test	= 17.4561 P-Value > Chi2(2) 0.0002
- Geary LM Test	= -4.3740 P-Value > Chi2(2) 0.1123
- Anderson-Darling Z Test	= 2.7753 P > Z(4.795) 1.0000
- D'Agostino-Pearson LM Test	= 11.3442 P-Value > Chi2(2) 0.0034

*** Skewness Tests:

- Srivastava LM Skewness Test = 1.4772 P-Value > Chi2(1) 0.2242
- Small LM Skewness Test = 1.5341 P-Value > Chi2(1) 0.2155
- Skewness Z Test = 1.2386 P-Value > Chi2(1) 0.2155

*** Kurtosis Tests:

- Srivastava Z Kurtosis Test = 4.4311 P-Value > Z(0,1) 0.0000
- Small LM Kurtosis Test = 9.8101 P-Value > Chi2(1) 0.0017
- Kurtosis Z Test = 3.1321 P-Value > Chi2(1) 0.0017

Skewness Coefficient = 0.1843 - Standard Deviation = 0.1508

Kurtosis Coefficient = 4.3437 - Standard Deviation = 0.3004

Runs Test: (96) Runs - (124) Positives - (137) Negatives

Standard Deviation Runs Sig(k) = 8.0421 , Mean Runs E(k) = 131.1762

95% Conf. Interval [E(k)+/- 1.96* Sig(k)] = (115.4137 , 146.9388)

*** Tobit Heteroscedasticity LM Tests

Separate LM Tests - Ho: Homoscedasticity

- LM Test: rd = 41.878 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: fdi = 45.620 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: sex = 28.0052 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: sim = 65.0840 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: pe = 32.7661 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: u = 55.0073 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: es = 29.9070 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: w1x_rd = 8.7017 P-Value > Chi2(1) 0.0032
- LM Test: w1x_fdi = 11.6448 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: w1x_sex = 9.7418 P-Value > Chi2(1) 0.0018
- LM Test: w1x_sim = 5.4334 P-Value > Chi2(1) 0.0198
- LM Test: w1x_pe = 31.0892 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: w1x_u = 35.2090 P-Value > Chi2(1) 0.0000
- LM Test: w1x_es = 16.4402 P-Value > Chi2(1) 0.0000

Joint LM Test - Ho: Homoscedasticity

- LM Test = 108.0978 P-Value > Chi2(14) 0.0000

=====
=====
***** Tobit Non Normality LM Tests**
=====

=====
=====
LM Test - Ho: No Skewness

- LM Test = 75.5650 P-Value > Chi2(1) 0.0000

LM test - Ho: No Kurtosis

- LM Test = 41.8836 P-Value > Chi2(1) 0.0000

LM Test - Ho: Normality (No Kurtosis, No Skewness)

- Pagan-Vella LM Test = 79.9055 P-Value > Chi2(2) 0.0000

- Chesher-Irish LM Test = 72.3437 P-Value > Chi2(2) 0.0000
=====