

## تأثیر سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالا بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی

میرحسین موسوی<sup>۱\*</sup>

ابوالفضل شاه‌آبادی<sup>۲</sup>

سیما شایگان مهر<sup>۳</sup>

### چکیده:

منابع تأمین‌کننده انرژی را می‌توان در سه گروه عمده انرژی‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر طبقه‌بندی کرد. امروزه، افزایش جمعیت، افزایش مصرف انرژی، مسئله امنیت انرژی و آلودگی محیط‌زیست، برنامه‌ریزان را به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده است. از طرفی توسعه فناوری‌های نیروگاه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از مهم‌ترین مسائل در زمینه بهره‌وری این نوع انرژی‌ها محسوب می‌شود. لذا هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر سرریز فناوری بر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی تولیدشده در مورد کشورهای منتخب توسعه‌یافته و در حال توسعه طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۶ است. برای این منظور با استفاده از روش GMM برای داده‌های پنل پویا، اثر سرریز فناوری ناشی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای بر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی تولیدشده مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج مطالعه حاکی از تأثیر مثبت و معنادار متغیر سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای در هر دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته مورد مطالعه است.

### کلمات کلیدی:

سرریز فناوری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای، انرژی‌های تجدیدپذیر

۱. عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه الزهراء، تهران

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: hmousavi@alzahra.ac.ir

۲. عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳. کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه الزهراء، تهران

## ۱. مقدمه

نگرانی در مورد امنیت انرژی، افزایش جمعیت و مسائل مربوط به تغییرات آب‌وهوا نگرش‌ها را به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده است (آمو و فاگبنلو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). تحقیقات نشان می‌دهد عمر متوسط منابع انرژی زیرزمینی بیش از صدسال نخواهد بود و لذا یافتن جایگزین برای این منابع ضروری است (هوشمند و حسینی، ۱۳۹۳). در مواجهه با نگرانی‌های موجود در مورد انرژی‌های فسیلی، سرعت بخشیدن به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش استفاده از این منابع، کلیدی برای رفع نگرانی‌های زیست‌محیطی است (نوالوی و شستالوا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶).

در کشورهای صنعتی این انرژی‌ها همگام با پیشرفت فناوری رایج شده و مراحل پیشرفت و توسعه خود را روزبه‌روز سریع‌تر طی می‌نمایند (سرمستی امامی، ۱۳۹۰). دولت‌ها و شرکت‌ها به‌منظور بهبود تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به دلایل مختلف اقتصادی و زیست‌محیطی در حال انجام تلاش‌های بزرگی جهت توسعه فناوری هستند (آرانئو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵).

فناوری شکلی از دانش به‌صورت خروجی یا ستاده فعالیت‌های تحقیق و توسعه است. به‌بیان‌دیگر فناوری روش به‌کارگیری دانش در فرآیند تولید به‌خصوص کالاهای صنعتی است (گروسمن و هلپمن<sup>۴</sup>، ۱۹۹۱ ص ۱۵-۱۶). (منسفیلد<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲) یکی از پیشگامان تحقیقات در زمینه ارتباط اقتصاد و تغییرات فناوری بیان می‌دارد فعالیت‌های مربوط به فناوری جدید و رشد اقتصادی تابع فعالیت‌های تحقیق و توسعه است. همچنین نتایج مطالعات میرز و محنن<sup>۶</sup> (۲۰۰۴)، شرر<sup>۷</sup> (۲۰۰۵)، پاکز و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۲) و کرپن و همکاران<sup>۹</sup> (۱۹۹۸)، نشان‌دهنده رابطه مثبت بین فعالیت‌های تحقیق و توسعه و فعالیت‌های مربوط به فناوری‌های جدید است. باین‌حال کشورهای در حال توسعه سهم اندکی از تولید ناخالص داخلی خود را به فعالیت‌های تحقیق و توسعه اختصاص می‌دهند؛ لذا همواره شاهد شکاف قابل‌توجهی بین فعالیت‌های فناوری بین کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه‌یافته هستیم. فناوری همانند دانش دارای مشکل ممنوعیت ناپذیری و غیررقابتی است و براساس مطالعات تجربی گسترده می‌توان

1 . O. M. Amoo & R. L. Fagbenle

2 . J. Noailly & V. Shestalova

3 . R. Araneo et al

4 . G.M. Grossman & E. Helpman

5 . E. D. Mansfield

6 . J. Mairesse and P. Mohnen

7 . F. M. Scherer

8 . D. C. Pakes et al

9 . B. Crepon et al

بیان داشت فعالیت فناوری در کشورها تنها تابع فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی نیست بلکه تابع سرریز فعالیت‌های تحقیق و توسعه و فناوری کشورهای دیگر است که می‌تواند از کانال‌های سرریز فناوری انتقال یابد. سرریز فناوری می‌تواند از طرق مختلفی نظیر تقلید یا مهندسی معکوس، نقل و انتقال نیروی کار ماهر، ادغام شرکت‌ها، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای صورت پذیرد و موجبات رشد تولید و بهره‌وری را به وجود آورد؛ بنابراین رشد بهره‌وری از طریق سرریزهای فناوری یک‌راه میان‌بر و کم‌هزینه برای کشورهای در حال توسعه است تا بتوانند شکاف فناوری عمیق خود با کشورهای پیشرفته را کاهش دهند (زمانیان، ۱۳۹۰). در اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه سرریز فناوری (برای نمونه پین و کینگ چانگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۸)، کلر<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) و چونگ و لین<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) با یامی و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۹۹))، به تجارت بین‌الملل و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، به‌مثابه مهم‌ترین عوامل انتقال فناوری بین کشورهای مختلف اشاره شده که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

با این تفاسیر امروزه اهمیت فناوری بر انرژی‌های تجدیدپذیر پذیرفته شده است اما آنچه مهم به نظر می‌رسد وارد کردن متغیرها در تحلیل و نحوه عملکرد آن‌هاست. لذا در این پژوهش به این موضوع پرداخته می‌شود که سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای چه تأثیری بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی در کشورهای منتخب توسعه‌یافته و در حال توسعه دارد. با پاسخ به سؤال فوق می‌توان توصیه‌های سیاستی و اقتصادی مناسبی در راستای رفع نگرانی‌های مطرح‌شده ارائه نمود. برای این منظور دودسته از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۶ با بهره‌گیری از روش پانل دیتا پویا مورد بررسی قرار می‌گیرند. از این‌رو پس از آشنایی با اهمیت موضوع در این قسمت، در بخش دوم مبانی نظری و در بخش سوم پیشینه پژوهش ارائه شده و سپس در بخش چهارم به ارائه مدل پرداخته و در بخش پنجم اقدام به تجزیه و تحلیل نتایج نموده و نکات سیاستی بیان می‌شود.

## ۲. مبانی نظری

به انرژی ناشی از فرآیندهای طبیعی که به‌طور مداوم احیاء و تجدید می‌شوند، انرژی تجدیدپذیر

1 . Pin and Qingchang

2 . W. Keller

3 . cheung and Lin

4 . Bayoumi et al

گویند. انواع مختلفی از انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت مستقیم و غیرمستقیم از خورشید و یا از حرارت ایجادشده از اعماق زمین استحصال می‌شوند. انرژی آبی، انرژی بادی، انرژی خورشیدی و انرژی زمین‌گرمایی به‌منزله مهم‌ترین انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح هستند (ترازنامه، ۱۳۹۰). بهره‌گیری مؤثر از انرژی‌های تجدیدپذیر، وابستگی زیادی به اشاعه فناوری‌های مورداستفاده در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر دارد (تستو و استامبولیس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵).

راجرز<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) اشاعه فناوری را فرآیندی تعریف می‌کند که طی آن یک فناوری از مسیرهای مشخصی در طی زمان در میان یک نظام اجتماعی سرایت می‌کند. تغییرات فناورانه در کنار خلق و بهره‌برداری، جزء اهداف اصلی نظام نوآوری (لاندوال<sup>۳</sup>، ۱۰۲۰، ادکوئیست و هومن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹) و یا به‌مثابه یکی از کارکردهای این نظام (هکت و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۷، اسکامپت<sup>۶</sup>، ۲۰۰۹ و سوری آچ و همکاران<sup>۷</sup>، ۱۹۹۳) قلمداد می‌شود. در ادبیات سیاست‌گذاری علم و فناوری، اهمیت اشاعه فناوری در بین اهداف نظام‌های نوآوری به حدی است که حتی برخی مثل ویوتی<sup>۸</sup> (۲۰۰۲)، جذب و اشاعه فناوری را برای کشورهای کمتر توسعه‌یافته مهم‌تر از اهداف یا کارکردهای دیگر قلمداد کرده‌اند. از این‌رو چه به‌عنوان یک هدف و یا یک کارکرد، اهمیت اشاعه فناوری برای توسعه بخش انرژی‌های تجدیدپذیر، موضوعی غیرقابل اجتناب است. شاید به همین سبب است که در دو دهه اخیر، محققان سعی کرده‌اند با رویکردهای مختلف، به مطالعه عوامل مؤثر بر اشاعه فناوری‌های تجدیدپذیر بپردازند.

نفوذ فناوری از طریق کانال‌های مختلفی می‌تواند صورت گیرد که هر کدام به‌نوعی به انتقال ایده‌ها و فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. بعضی از این روش‌ها عبارت‌اند از: سرمایه‌گذاری مشترک، قراردادهای لیسانس، قراردادهای کلید در دست و قراردادهای بیع متقابل، واردکردن محصولات دارای فناوری پیشرفته، به‌کارگیری فناوری پیشرفته و به‌کارگیری نیروی کار بین‌المللی روش‌هایی برای انتقال فناوری بین‌المللی است؛ اما در کنار این روش‌ها، از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای به‌مثابه روش‌های اصلی دسترسی به فناوری پیشرفته به‌وسیله

1 . T. D. Tsoutsos & Y. A. Stamboulis

2 . E. M. Rogers

3 . B. A. Lundvall

4 . C. Edquist & L. Hommen

5 . M. P. Hekkert et al

6 . J. A. Schumpeter

7 . J. SuriÅach et al

8 . E. B. Viotti

کشورهای در حال توسعه نام‌برده می‌شود (شاه‌میری و سلامی، ۱۳۹۰).

ورود FDI<sup>۱</sup> نه تنها فناوری بکار رفته در کالاها و خدمات را منتقل نموده بلکه دارائی‌های ناملموسی از قبیل مهارت مدیریتی و دانش فنی را نیز منتقل می‌نماید. تقلید و جذب فناوری‌های جدید مورد استفاده شرکت‌های چندملیتی توسط بنگاه‌های داخلی از بدیهی‌ترین کانال انتقال فناوری به‌ویژه در حوزه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر است. به کارگیری فناوری جدید برای بنگاه‌های داخلی به دلیل هزینه‌های ذاتی در اکتساب دانش و عدم اطمینان از نتایج احتمالی حاصل ممکن است خیلی گران و همراه با ریسک باشد؛ بنابراین مشاهده موفقیت چندملیتی‌ها در به کارگیری فناوری نوین، بنگاه‌های داخلی را برای استفاده از آن تشویق می‌نماید (کرسپو و فنتوآ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). در واقع جریان ورودی FDI به کاهش پروژه آزمون و خطای بنگاه‌های داخلی کمک می‌کند. فناوری وارد شده از این کانال قبلاً در بازارهای خارجی آزمایش شده و ریسک نوآوری را برای بازارهای داخلی کمتر می‌کند. آموزش نیروی کار توسط بنگاه‌های خارجی و سپس جابجایی کارکنان به بنگاه‌های بومی و محلی به‌منزله دومین کانال انتقال فناوری محسوب می‌شود (میر<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). سومین زمینه کانال سرریز فناوری ممکن است در اثر رقابت با بنگاه‌های خارجی فراهم شود. چنانچه بنگاه‌های خارجی نسبت به بنگاه‌های داخلی از فناوری برتر برخوردار باشند، فشار رقابتی در مقابل بنگاه‌های خارجی می‌تواند بنگاه‌های داخلی را مجبور به ارائه محصولات باکیفیت برتر برای کسب سهمی از بازار محصولات نماید و در اکثر موارد عرضه محصول برتر تنها با به کارگیری روش‌های نوین مدیریتی و استفاده از فناوری‌های روز حاصل می‌شود (آیتکن و هریسون<sup>۴</sup>، ۱۹۹۹). از طرف دیگر طبق فرضیه اثر جانشینی<sup>۵</sup> توسط (پین و گینگ چانگ، ۲۰۰۸) جریان ورودی FDI ممکن است اثر منفی بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی داشته باشد، این اثرات منفی زمانی اتفاق می‌افتد که بنگاه‌های خارجی با فناوری برتر بنگاه‌های محلی را مجبور به ترک بازار کنند زیرا موجب انتقال تقاضا از بنگاه‌های محلی به سمت خود می‌شوند (دامی جان<sup>۶</sup>، ۲۰۰۷). دبکر و اسلوواگن<sup>۷</sup> (۲۰۰۳)، بیان می‌دارند سرریز فناوری FDI در کوتاه‌مدت منجر به خروج بنگاه‌های داخلی شده و در بلندمدت پیامدهای مثبتی از جمله انتقال دانش فنی، تقویت روحیه

- 1 . Foreign direct investment
- 2 . N. Crespo and M. P. Fontoura
- 3 . K. Meyer
- 4 . B. J. Aitken & A. E. Harrison
- 5 . Crowding-out
- 6 . J. P. Damijan et al
- 7 . K. De Backer and L. Sleuwaegen

نوآوری، روش‌های نوین مدیریتی و... به همراه دارد.

جذب FDI از سیاست‌های اصلی اتخاذشده توسط برخی از کشورهای در حال توسعه در دهه اخیر محسوب می‌شود. باید در مجموع خاطر نشان کرد کشوری که قادر به انجام فعالیت‌های گسترده تحقیق و توسعه داخلی نباشد می‌تواند از طریق جذب انباشت سرمایه تحقیق و توسعه کشورهای دیگر امکان دستیابی سریع و با هزینه کمتر به فناوری برتر را فراهم نماید (گریلیچز، ۱۹۹۷).

دومین راه ایجاد سرریز فناوری تجارت کالاها و خدمات واسطه‌ای و سرمایه‌ای از کشورهای پیشرفته به کشورهای در حال توسعه است. از آنجایی که منشأ رشد فناوری، افزایش و بهبود کیفیت نهاده‌های واسطه‌ای است تجارت بین‌الملل سبب افزایش تنوع و کیفیت کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای می‌شود که منجر به رشد فناوری می‌شود. در تئوری‌های جدید تجارت، مبادلات تجارت کالا به چند دلیل می‌تواند به بهبود فناوری کشورها کمک کند. اولاً تجارت بین‌الملل یک کشور را قادر می‌سازد تا انواع گوناگونی از کالاهای واسطه و تجهیزات سرمایه‌ای که افزایش‌دهنده بهره‌وری منابع هستند را به کار گیرد. ثانیاً تجارت بین‌الملل کانال‌هایی از ارتباطات را فراهم نموده که موجب انگیزه برای یادگیری روش‌های تولید، طراحی تولید، روش سازمانی و آشنایی با شرایط بازار در بین کشورهای مختلف می‌شود. ثالثاً قراردادهای تجاری بین‌المللی کشورها را قادر می‌سازد تا فناوری خارجی را کپی نموده و برای مقاصد تولیدی داخلی از آن استفاده نمایند. رابعاً تجارت بین‌الملل می‌تواند فناوری کشورها را به وسیله تقلید فناوری‌های خارجی افزایش دهد و از این طریق به‌طور غیرمستقیم سطح فناوری فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین بلوم و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) بیان می‌دارند واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای به بنگاه‌های کشورهای در حال توسعه اجازه می‌دهد که از تجهیزات فناوری‌های وارداتی بیشتر یاد بگیرند. لذا شاهد توسعه فعالیت‌های مربوط به فناوری در کشورهای در حال توسعه با افزایش ورود تجهیزات و فناوری‌های وارداتی هستیم (اثر مهندسی معکوس)؛ بنابراین در حالت تجارت بین‌الملل انباشت سرمایه تحقیق و توسعه شرکای تجاری هر کشور که در تولید کالاهای واسطه‌ای نهفته است به داخل کشور میزبان سرریز می‌شود و سبب رشد فناوری می‌شود که به این فرآیند غیرمستقیم، سرریز فناوری از طریق تجارت گفته می‌شود؛ اما از طرف دیگر، هجوم واردات با کیفیت بالا ممکن است موجب دلسردی بنگاه‌های داخلی با فناوری پایین شود (اثر دلسردکننده).

1 . Z. Griliches

2 . N. Bloom et al

بنابراین می‌توان بیان داشت تأثیر مثبت یا منفی واردات بر فناوری تابع کل اثرات نامشخص است. در چند سال اخیر دنیا بیشتر متوجه نیاز به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شده و کشورهای توسعه‌یافته در این راستا به پیشرفت و فناوری‌های بیشتری نسبت به کشورهای در حال توسعه رسیده‌اند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند سرمایه و فناوری است که کشورهای در حال توسعه در هر دو زمینه با کمبود مواجه هستند. رسیدن به فناوری توسط کشورهای در حال توسعه روندی طولانی است پس بهتر است این کشورها از فناوری کشورهای توسعه‌یافته بهره‌مند شوند.

از جمله مهم‌ترین راه‌های انتقال فناوری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای که با فناوری پیشرفته تولید شده‌اند، صورت می‌گیرد. از همین رو دولت‌مردان به دنبال سیاست‌هایی جهت جذب بیشتر این نوع سرمایه‌ها و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای به نیت قاپیدن فناوری هستند. البته این روند علاوه بر مزایا می‌تواند بسته به کشور میزبان معایبی هم در بر داشته باشد.

مطالعات متعددی در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفته اما تاکنون مطالعات جامعی در مورد تأثیر سرریز فناوری بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی انجام نشده است. لذا در این قسمت به بررسی مطالعات مربوط و نزدیک به موضوع پژوهش حاضر پرداخته شده است.

لین و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) با بهره‌گیری از مجموعه داده‌های پانل مشتمل بر بنگاه‌های دارای مقیاس بالاتر از متوسط طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۸ به بررسی اثرات سرریز فناوری در گروه کشورهای HMT<sup>۲</sup> پرداخته و بیان می‌دارند سرریز فناوری در این گروه کشورها تأثیر منفی دارد، اما اثرات سرریز فناوری در کشور چین که بیشتر از ناحیه کشورهای OECD بوده است نتایج مثبتی به همراه داشته است. از دلایلی که برای این تناقض می‌توان برشمرد، می‌توان به محدودیت و ضعیف بودن ظرفیت جذب (نبود سازوکارهای تشویقی، سطح فناوری نازل و...) گروه کشورهای HMT نسبت به کشور چین اشاره کرد. همچنین براساس مطالعات صورت گرفته توسط آمان و برومنی<sup>۳</sup> (۲۰۱۵)، بهرا و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) و سینانی و میر<sup>۵</sup> (۲۰۰۴) سرریز فناوری از طریق FDI تأثیر مثبت و معناداری بر فناوری دارد.

1 . P. Lin et al

2 . Hong Kong, Macao and Taiwan

3 . E. Amann & S. Virmani

4 . R. S. Behera et al

5 . E. Sinani & K. E. Meyer

تانتائو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۵)، باهدف ارزیابی تأثیر نوآوری و از طریق پرسشنامه با بررسی ۳۰ شرکت در مناطق اروپا، آسیا و شرق آفریقا که در زمینه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر فعالیت می‌کردند، به این نتیجه رسیدند که حمایت از نوآوری از عوامل مؤثر در پیشبرد اهداف این شرکت‌هاست.

اوهرلر و فیتزرز<sup>۲</sup> (۲۰۱۴)، به بررسی رابطه علی بین تولید ناخالص داخلی و تولید برق از منابع تجدیدپذیر (زیست‌توده، زمین گرمایی، برق آبی، خورشیدی، باد و...) در ۲۰ کشور توسعه‌یافته بین سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۰ می‌پردازد. نتایج مدل پانل تصحیح خطا در این تحقیق نشان‌دهنده رابطه دوطرفه بین تولید انرژی تجدیدپذیر و تولید ناخالص داخلی است.

لگلینسکی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۶)، در تحقیقی با بررسی بخش انرژی در لهستان در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از روش PEST<sup>۴</sup> نشان داده‌اند مطلوب‌ترین عامل در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در این کشور رشد عوامل اقتصادی و کم‌اهمیت‌ترین آن‌ها فناوری است.

ایراندوست<sup>۵</sup> (۲۰۱۶)، به بررسی رابطه بین تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری در فناوری، رشد اقتصادی و انتشار گاز CO<sub>2</sub> در چهار کشور شمال اروپا طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۵ با استفاده از مدل VAR، نشان می‌دهند علیت یک‌طرفه از انرژی‌های تجدیدپذیر به سمت انتشار گاز CO<sub>2</sub> برای دانمارک و فنلاند و علیت دوطرفه بین این متغیرها برای سوئد و نروژ وجود دارد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند علیت یک‌طرفه از نوآوری در فناوری به تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و از سمت رشد اقتصادی (GDP)، به تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در هر چهار کشور وجود دارد اما هیچ‌گونه علیتی از سمت انرژی‌های تجدیدپذیر به رشد اقتصادی نشان داده نشده است.

درمجموع با توجه به مبانی و پیشینه مطرح شده، متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، نوآوری و انباشت تحقیق و توسعه داخلی تعیین‌کننده‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. درحالی‌که مطالعه حاضر به بررسی تأثیر سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای بر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی تولیدشده در مورد کشورهای منتخب توسعه‌یافته و درحال توسعه طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۶ می‌پردازد.

1 . A. Tantau et al

2 . A. Ohler & I. Fetters

3 . B. Igliński et al

4 . Politics, Economics, Social, Technological

5 . M. Irandoust



### ۳. داده‌ها، مدل و متغیرها

#### ۱.۳. داده‌ها

تحقیق حاضر یک تحقیق تحلیلی- توصیفی است و با استفاده از روش پانل دیتا به دنبال بررسی تأثیر سرریز فناوری بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی هیجده کشور عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و اجتماعی (اتریش، دانمارک، فرانسه، آلمان، یونان، ایسلند، لوکزامبورگ، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا، سوئد، ترکیه، نیوزلند، فنلاند، مجارستان، مکزیک، جمهوری اسلواکی و لهستان) و یازده کشور در حال توسعه (اکوادور، مالزی، گرجستان، تاجیکستان، مغولستان، عربستان سعودی، بلغارستان، برزیل، هند، ایران و روسیه) طی دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۶ پرداخته است. کشورها و بازه زمانی مورد مطالعه براساس محدودیت آماری در خصوص شاخص‌های مورد بررسی منتشر شده از سوی بانک جهانی (۲۰۱۶) از بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه انتخاب شده‌اند.

جدول (۱) شامل توضیح در خصوص داده‌های آماری شامل: نام متغیر مورد بررسی، منابع آماری و علامت مورد انتظار هر متغیر است.

جدول (۱): توضیح داده‌های آماری

نام متغیر	تعریف متغیر	منابع آماری	علامت مورد انتظار
Renewable Energy(y)	تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت درصدی از کل انرژی‌های تولیدی	WDI	متغیر وابسته
GDP per capita(PGDP)	تولید ناخالص داخلی سرانه	WDI	+
patent	نوآوری	WDI	+
$S_{it}^d$	انباشت هزینه تحقیق و توسعه داخلی	WDI	+
$S_{it}^{f-FDI}$	سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	WDI	+
$S_{it}^{f-IM}$	سرریز فناوری از کانال واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای	WDI	+

## ۲.۳. تشریح مدل و متغیرها

با توجه به ادبیات نظری و تجربی بررسی شده تولید انرژی‌های تجدیدپذیر تابعی از تولید ناخالص داخلی سرانه، نوآوری، انباشت تحقیق و توسعه داخلی، سرریز فناوری از کانال FDI، سرریز فناوری از کانال واردات می‌باشد. رابطه (۱) بیانگر عوامل اثرگذار بر تولید انرژی‌های تجدید پذیر است که به شکل تابع صریح نشان داده شده است.

$$Y(t) = f(\text{PGDP}, \text{Patent}, S_{it}^d, S_{it}^{f-FDI}, S_{it}^{f-IM}) \quad (1)$$

به منظور ارائه یک تفسیر اقتصادی از پارامترهای برآورد شده (تفسیر حساسیت تولید انرژی‌های تجدید پذیر به عوامل اثرگذار) و همچنین همگن کردن مقیاس متغیرهای مذکور، مدل به صورت لگاریتمی دوطرفه (لگاریتمی خطی) در نظر گرفته شده است که در رابطه (۲) نشان داده شده است.

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \alpha \ln Y_{i,t-1} + \beta_1 \ln(\text{PGDP}) + \beta_2 \ln(\text{Patent}) \\ & + \beta_3 \ln(S_{it}^d) + \beta_4 \ln(S_{it}^{f-FDI}) + \beta_5 \ln(S_{it}^{f-IM}) + \varepsilon \end{aligned}$$

$$i = 1, \dots, 11 \text{ or } 18; t = 1, \dots, 18$$

با توجه ماهیت داده‌های تحقیق که ترکیبی از داده‌های سری زمانی و مقطعی است ساختار مدل از الگوی داده‌های ترکیبی (داده‌های پانل) تبعیت می‌کند. در مدل مذکور متغیر وابسته به صورت وقفه‌دار وارد مدل شده است که باعث تبدیل شدن مدل به الگوی داده‌های ترکیبی پویا (پانل پویا) می‌شود. دلیل وارد کردن این متغیر بررسی پویای‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین استخراج کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده است. از آنجایی که در الگوی داده‌های ترکیبی پویا این احتمال وجود دارد که با توجه به ماهیت تصادفی بودن متغیر وابسته وقفه‌دار جزء اخلاص با این متغیر همبستگی پیدا نموده و نتایج تخمین تورش دار و ناکارا می‌شود و امکان استفاده از تخمین‌زن‌های معمولی وجود ندارد؛ اما تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) به مثابه یک روش تخمین‌زن ابزاری مشکل را رفع کرده و معادله را یک دوره به عقب برده و سپس تفاضل‌گیری می‌نماید و از این طریق متغیر وابسته با وقفه به‌منزله متغیر ابزاری انتخاب می‌شود.

برای اندازه‌گیری نوآوری از شاخص درخواست حق امتیاز<sup>۱</sup> استفاده شده است. همچنین انباشت تحقیق و توسعه داخلی با استفاده از روش پیشنهاد شده توسط گریلیچیز (۱۹۸۸) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{it}^d = (1 - \delta) * S_{it-1}^d + R \& D_{it} \quad (۳)$$

برای محاسبه  $S_{0it}^d$  اولین دوره مورد بررسی از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$S_{0it}^d = \frac{R \& D_{it}}{(g + \delta)} \quad (۴)$$

در حالی که  $S_{it}^d$  انباشت تحقیق و توسعه داخلی کشور آدر دوره  $t$ ،  $R\&D_{it}$  هزینه تحقیق و توسعه کشور  $i$  در دوره  $t$  و  $g$  میانگین لگاریتم رشد هزینه  $R\&D$  در دوره مورد مطالعه است. به پیروی از کو و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) نرخ استهلاک برای همه کشورهای ۵ درصد در نظر گرفته شده است. جهت محاسبه انباشت سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای از روش کو و همکاران (۱۹۹۷) استفاده شده است. همچنین به پیروی از مطالعات لیچتنبیگ و پوتری<sup>۳</sup> (۱۹۹۸)، شاه‌آبادی و همکاران (۱۳۹۱)، شاه‌آبادی و حواج (۱۳۹۰) انباشت تحقیق و توسعه خارجی (از کانال واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای و جریان ورودی FDI) با استفاده از رابطه (۵) برای هر یک از کشورهای مورد مطالعه محاسبه شده است.

$$S_{it}^{f-FDI} = \sum_{j=1}^{18} \frac{FDI_{ijt}}{GDP_{jt}} * S_j^{dt}, S_{it}^{f-IM} = \sum_{j=1}^{18} \frac{IM_{ijt}}{GDP_{jt}} * S_j^{dt}$$

که  $S_{it}^{f-IM}$  و  $S_{it}^{f-FDI}$  به ترتیب انباشت تحقیق و توسعه خارجی کشور  $i$  از کانال FDI و انباشت تحقیق و توسعه خارجی کشور  $i$  از کانال واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای از شرکای تجاری در سال  $t$ ، FDI سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی توسط کشور  $i$  در کشور  $j$  در سال  $t$  و همچنین  $IM_{ijt}$  واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای توسط کشور  $i$  در کشور  $j$  در سال  $t$ ، GDP تولید ناخالص داخلی

1 . Patent Application  
2 . D. Coe et al  
3 . F. Lichtenberg & B. Poterie

کشور زام در سال  $t$  و  $S^{dt}_j$  انباشت R&D داخلی کشور زام در سال  $t$  را نشان می‌دهند. هنگام کار با متغیرهایی که دارای مقیاس‌های متفاوتی هستند امکان دارد برخی از شاخص‌ها، ضرایب تخمین را دچار انحراف کنند. برای اجتناب از این کار، در این مطالعه به پیروی از روش برنامه توسعه سازمان بین‌الملل<sup>۱</sup> (۲۰۱۴)، تمام متغیرها به صورت زیر نرمال شده است:

(۶)

$$\frac{(V_i - V_{\min})}{(V_{\max} - V_{\min})} * 10$$

در رابطه بالا  $V_i$  مقدار متغیر برای کشور  $i$ ،  $V_{\max}$  بیشترین مقدار متغیر و  $V_{\min}$  کمترین مقدار متغیر در نمونه است.

با توجه به اینکه مقدار کمتر برخی از متغیرها مطلوب است لذا رابطه بالا به صورت زیر تعدیل می‌شود:

(۷)

$$\frac{(V_{\max} - V_i)}{(V_{\max} - V_{\min})} * 10$$

مقادیر نرمال شده متغیرها بین ۰ تا ۱۰ بوده و اعداد بزرگ‌تر نشان دهنده وضعیت بهتر متغیر مورد نظر است.

#### ۴. تخمین و تجزیه و تحلیل نتایج

شایان ذکر است، به دلیل آنکه این مطالعه یک پژوهش بین کشوری است، به منظور آزمون فرضیات و بررسی اثر سرریز فناوری بر تولید انرژی تجدیدپذیر از نرم افزار 9 Eviews و روش پانل دیتا که مقاطع و دوره‌های زمانی را با یکدیگر ترکیب می‌کند، استفاده گردیده است.

از جمله مراحل که هنگام استفاده از الگوهای پانل باید طی نمود، بررسی ایستایی متغیرهای مورد نظر است. در واقع جهت استفاده از الگوهای پانل، پیش از تبیین الگوی مورد نظر لازم است تا ایستایی متغیرها مورد بررسی قرار گیرد چراکه وجود ریشه واحد در این متغیرها ممکن است به نتایج رگرسیون‌های جعلی منجر شود و نتایج به دست آمده قابل اتکا نباشند. برای آزمون ایستایی داده‌های

1 . United National Conference on Trade and Development

مورد مطالعه، از روش آزمون ریشه واحد داده‌های پانل<sup>۱</sup> استفاده گردیده است. آزمون‌های ریشه واحد داده‌های ترکیبی، به وسیله برتونگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) پایه‌ریزی و به وسیله لوین، لین و چو<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) و ایم و پسران و شین<sup>۴</sup> (۱۹۹۷ و ۲۰۰۳) کامل گردیده است.

از آنجاکه در رابطه با ریشه واحد متغیر مورد نظر آزمون لوین-لین-چو فرایند ریشه واحد مشترک را در نظر می‌گیرد، در حالی که در سایر آزمون‌ها فرایند ریشه واحد فردی (مقطعی) مدنظر است، در مطالعه حاضر برای بررسی ایستایی متغیرها از آزمون لوین-لین-چو استفاده می‌شود. در این آزمون فرضیه  $H_0$  دلالت بر نایستایی متغیرها دارد. همان‌طور که در جدول (۲) و (۳) ملاحظه می‌شود تمام متغیرها در تفاضل مرتبه اول ایستا هستند از همین رو لازم است آزمون هم‌جمعی انجام شود. در آزمون هم‌جمعی فرضیه صفر عدم همگرایی و فرضیه یک وجود همگرایی بین متغیرها را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج آزمون کائو<sup>۵</sup> در جدول (۴) نشان می‌دهد در متغیرها در سطح اطمینان ۱ درصد همگرا هستند.

در تخمین مدل برای بررسی معتبر بودن ماتریس ابزارها از آزمون سارگان استفاده شده است. در این آزمون، فرضیه صفر حاکی از عدم همبستگی ابزارها با اجزای اخلاص است. براساس جداول (۵) و (۶) مقدار احتمال آماره آزمون سارگان در هر دو گروه کشور مورد مطالعه در تمام حالات تخمینی، بزرگ‌تر از مقدار ۰/۰۵ است. نتیجه اینکه فرضیه صفر مبنی بر عدم همبستگی ابزارها با اجزای اخلاص را نمی‌توان رد کرد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ابزارهای مورد استفاده برای تخمین مدل در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته از اعتبار لازم برخوردار است.

از میان تصریح‌های انجام‌شده، در تصریح (۵) علاوه بر متغیرهای سرریز فناوری از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای، متغیر انباشت تحقیق و توسعه نیز به‌مثابه متغیر کنترل مورد بررسی قرار گرفته است که تأثیر متغیر انباشت تحقیق و توسعه داخلی در هر دو گروه کشورهای مورد مطالعه اثر مثبت و معناداری بر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی تولیدشده به همراه دارد؛ به عبارت دیگر افزایش انباشت تحقیق و توسعه در کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای در حال توسعه منجر به افزایش سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی می‌شود.

1 . Panel Unit Root

2 . J. Breitung

3 . A. Levin, C. F. Lin & C-S. J. Chu

4 . K.S. Im, M. H. Pesaran & Y. Shin

5 . Kao

بر اساس نظریه‌های رشد اقتصادی درون‌زا و مطالعات تجربی رحمان و سلیم<sup>۱</sup> (۲۰۱۳)، آلنا<sup>۲</sup> (۲۰۱۰)، کو و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، کو و مقدم<sup>۴</sup> (۱۹۹۳) و گریلیچز (۱۹۸۸) ابداع موتور پیشرفت فناوری است و فناوری محصول کارخانه تحقیق و توسعه است؛ زیرا فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی موجب استفاده کارآمدتر از منابع داخلی و جذب فناوری پیشرفته خارجی و استفاده از آن جهت افزایش تولید، مانند تولید انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. این عامل نه تنها منجر به خلق فناوری برای ساخت کالاهای جدید می‌شود، بلکه راه‌های جدیدی برای به‌کارگیری مؤلفه‌های تولید و یا مواد اولیه نوظهور نیز ایجاد می‌کند. از آنجا که نیاز انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید در کشورهای در حال توسعه نیاز به فناوری است، بنابراین تحقیق و توسعه داخلی از کانال فناوری بر تولید تأثیر مثبت می‌گذارد.

در تصریح (۶) متغیر نوآوری به همراه متغیرهای سرریز فناوری از کانال FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای تحت عنوان متغیر کنترل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تخمین بیانگر تأثیر مثبت و معنادار نوآوری بر سهم انرژی تجدیدپذیر به کل تولید انرژی در هر دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته است؛ زیرا نوآوری در قالب معرفی و تجاری کردن محصولات یا خدمات جدید یا بهبود اساسی در کاربرد محصولات و خدمات موجود، معرفی فرایند تولید جدید یا بهبود اساسی در فرایندهای موجود، گشودن درهای بازار جدید، توسعه منابع جدید تأمین‌کننده مانند مواد اولیه، تجهیزات و دیگر ورودی‌ها و ایجاد تغییرات اساسی در ساختارهای صنعتی و سازمانی در جوامع ظاهر می‌شود و نقش تعیین‌کننده‌ای بر رشد و توسعه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر ایفاء می‌کند (پوگا و ترفلر<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). همچنین تشویق و ایجاد نوآوری منجر به افزایش و ارتقاء فناوری خواهد شد و همان‌طور که اشاره شد فناوری مهم‌ترین نیاز جهت تولید انرژی‌های تجدیدپذیر است. این نتایج مطالعه حاضر منطبق با نتایج مطالعات لگلینسکی (۲۰۱۶) و تانتائو (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

در تصریح (۷) اثر متغیر تولید ناخالص داخلی (سرانه) در کنار متغیرهای مستقل سرریز فناوری در مدل حضور دارد. نتایج تخمین بیانگر، تأثیر مثبت اما بی‌معنای تولید ناخالص داخلی (سرانه) بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی در کشورهای در حال توسعه و اثر مثبت و معنادار این متغیر بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی در کشورهای توسعه یافته است. همچنین

- 1 . S. Rahman & R. Salim
- 2 . A. D. Alene
- 3 . Coe et al
- 4 . D. T. Coe & R. Moghadam
- 5 . D. Puga & D. Trefler

خاطر نشان می‌شود نتایج تخمین مطالعه حاضر منطبق با نتایج مطالعات ایران‌دوست (۲۰۱۶) و اهلر و فیترز (۲۰۱۴) است.

در تمام حالات تخمین تأثیر سرریز فناوری از کانال FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای بر متغیر وابسته در هر دو گروه کشورهای مورد مطالعه مثبت و معنادار است. به تعبیری دیگر، با بهبود شاخص سرریز فناوری از کانال FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای، سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی‌ها در کشورهای مورد مطالعه افزایش می‌یابد. البته این ضریب در کشورهای در حال توسعه کوچک‌تر از کشورهای توسعه‌یافته مورد مطالعه است.

در مجموع خاطر نشان می‌شود افزایش سرریز فناوری از کانال FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته منجر به افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی تولیدی می‌شود؛ زیرا ورود FDI و کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای موجب انتقال فناوری می‌شود و از آنجاکه یکی از نیازهای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، پیشرفت فناوری است، لذا کشورهای میزبان می‌توانند از کانال جذب FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای اقدام به جذب فناوری‌های پیشرفته و دوستدار تولید انرژی‌های تجدیدپذیر نمایند.

جدول (۲): نتایج آزمون ایستایی متغیرها کشورهای در حال توسعه

وضعیت ایستایی	تفاضل مرتبه اول		وضعیت ایستایی	در سطح		متغیر
	مقدار بحرانی	آماره LLC		مقدار بحرانی	آماره LLC	
ایستا	۰,۰۰	-۱۲,۷۲**	ایستا	۰,۰۰	-۳,۵۸**	Y
ایستا	۰,۰۰	-۳,۰۱**	ایستا	۰,۰۳	-۱,۸۸**	PGDP
ایستا	۰,۰۰	-۶,۷۸**	ایستا	۰,۰۱	-۲,۱۸**	Patent
ایستا	۰,۰۰	-۳,۸۴**	ایستا	۰,۰۰	-۳,۶۶**	$S_{it}^d$
ایستا	۰,۰۰	-۵,۳**	ایستا	۰,۰۱	-۵,۰۵**	$S_{it}^{f-FDI}$
ایستا	۰,۰۰	-۳,۸۷**	ایستا	۰,۰۰	-۲,۶۸**	$S_{it}^{f-IM}$

مأخذ: یافته‌های تحقیق

\*\* دلالت بر معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد دارد.

جدول (۳): نتایج آزمون ایستایی متغیرها کشورهای توسعه یافته

وضعیت ایستایی	تفاضل مرتبه اول		وضعیت ایستایی	در سطح		متغیر
	مقدار بحرانی	آماره LLC		مقدار بحرانی	آماره LLC	
ایستا	۰,۰۰	-۵,۵۴**	ایستا	۰,۰۰	-۲,۵۳**	Y
ایستا	۰,۰۰	-۷,۳۴**	ایستا	۰,۰۰	۶,۶۳**	PGDP
ایستا	۰,۰۰	-۵,۴۸**	نایستا	۰,۰۷	-۱,۴۴	Patent
ایستا	۰,۰۰	-۳,۷۸**	ایستا	۰,۰۰	-۵,۹**	$S_{it}^d$
ایستا	۰,۰۰	-۷,۲۵**	ایستا	۰,۰۰	-۳,۵۵**	$S_{it}^f - FDI$
ایستا	۰,۰۰	-۹,۵۹**	ایستا	۰,۰۰	-۳,۳**	$S_{it}^f - IM$

مأخذ: یافته‌های تحقیق

\*\* دلالت بر معنی دار بودن در سطح ۵ درصد دارد.

جدول (۴): نتایج آزمون هم‌جمعی متغیرها کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته

کشورهای توسعه یافته	کشورهای در حال توسعه	نام متغیر
-۲,۰۶	۱,۴۴	t-statistic
۰,۰۲*	۰,۰۷۵*	مقدار بحرانی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

\* دلالت بر معنی دار بودن در سطح ۱ درصد دارد.



جدول (۵): نتایج تخمین معادله سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی کشورهای در حال توسعه به روش GMM

نام متغیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
متغیر وابسته با وقفه	۰,۲۶ [۱,۴۹]	۰,۱۸*** [۲,۷۴]	۰,۳*** [۹,۰۹]	۰,۲۶ [۱,۵]	۰,۳*** [۱۹,۳]	۰,۲۲*** [۷,۸۹]	۰,۲۵*** [۱۲,۹۳]	۰,۲۵*** [۱۹,۳۷]
تولید ناخالص داخلی (سرانه)	۰,۰۰ [-۰,۴۱]	-۰,۰۱ [-۰,۷۹]	۰,۰۰ [-۰,۴۵]	-	-	-	۰,۰۰ [۰,۴۴]	-
نوآوری	۰,۰۱ [۰,۵۹]	۰,۰۳*** [۸,۳۲]	-	۰,۰۲ [۰,۱۷]	-	۰,۰۳*** [۸,۸۱]	-	-
انباشت تحقیق و توسعه داخلی	۰,۰۱ [۰,۸]	-	۰,۰۳*** [۱۱]	۰,۰۱ [۰,۶۹]	۰,۰۳*** [۱۶,۱]	-	-	-
سرریز فناوری از کانال FDI	۰,۰۳*** [۲,۷۸]	۰,۰۳*** [۴,۰۷]	۰,۰۴*** [۱۶,۲]	۰,۰۳*** [۲,۵۴]	۰,۰۴*** [۲۷,۶]	۰,۰۳*** [۹,۳۲]	۰,۰۴*** [۱۸,۸۶]	۰,۰۴*** [۲۴,۹]
سرریز فناوری از کانال واردات	۰,۰۳ [۱,۲۹]	۰,۰۳*** [۲,۱۷]	۰,۰۱* [۱,۹۵]	۰,۰۳*** [۲,۰۹]	۰,۰۲*** [۹,۱۵]	۰,۰۳*** [۷,۲۲]	۰,۰۳*** [۵,۵۹]	۰,۰۳*** [۸,۹۹]
آماره سارگان	۴,۷۲ (۰,۴۵)	۴,۹۳ (۰,۶۶)	۶,۹ (۰,۳۲)	۵,۰۲ (۰,۵۴)	۷,۲۲ (۰,۴)	۵,۴۲ (۰,۶)	۷,۷۹ (۰,۳۵)	۸,۰۹ (۰,۵۲)
تعداد مشاهدات	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶
تعداد کشورها	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اعداد داخل کروشه مقدار آماره t-statistic را نشان می‌دهد و اعداد داخل پرانتز بیانگر احتمال است.

ضریب برآورد شده که دارای نشانه‌های \*\*\*, \*\* و \* هستند به ترتیب دارای سطوح معناداری

۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ می‌باشند.

جدول (۶): نتایج تخمین معادله سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی

کشورهای توسعه یافته به روش GMM

نام متغیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
متغیر وابسته با وقفه	۰,۸۷*** [۷۸,۱]	۰,۸۹*** [۹۱,۳]	۰,۸۶*** [۶۴,۸]	۰,۸۸*** [۸۸,۷]	۰,۸۷*** [۷۶,۶]	۰,۹۱*** [۱۱۸]	۰,۸۹*** [۱۲۱]	۰,۹*** [۲۴۳]
تولید ناخالص داخلی (سرانه)	۰,۱** [۲,۴۶]	۰,۰۹** [۲,۳۶]	۰,۰۱ [۰,۷۱]	-	-	-	۰,۰۳** [۲,۷۵]	-
نوآوری	۰,۰۹ [۱,۷۴]	۰,۰۹*** [۲,۳۶]	-	۰,۱*** [۵,۵۶]	-	۰,۱*** [۹,۳۶]	-	-
انباشت تحقیق و توسعه داخلی	۰,۳۵ [۲,۵۹]	-	۰,۰۳*** [۴,۲۸]	۰,۳۳*** [۴,۸۶]	۰,۰۳*** [۴,۷۶]	-	-	-
سرریز فناوری از کانال FDI	۰,۰۳*** [۲,۷۸]	۰,۰۵*** [۲,۰۷]	۰,۰۴*** [۵,۲۸]	۰,۰۸** [۵,۳۱]	۰,۰۴*** [۶,۴۹]	۰,۰۳*** [۴,۸۹]	۰,۰۲*** [۳,۷۷]	۰,۰۱*** [۳,۰۵]
سرریز فناوری از کانال واردات کالا	۰,۰۳ [۱,۲۹]	۰,۱۱** [۱,۷۷]	۰,۰۱ [۰,۲۷]	۰,۰۰ [۰,۵۳]	۰,۰۱ [۰,۹۸]	۰,۰۴*** [۶,۹۸]	۰,۰۱ [۰,۳۸]	۰,۰۴*** [۴۷,۵]
آماره سارگان	۴,۷۲ (۰,۴۵)	۱۴,۷۴ (۰,۲۵)	۱۳,۱ (۰,۳۶)	۱۳,۸۶ (۰,۳)	۱۴ [۰,۳۶]	۱۴ (۰,۴)	۱۳,۳۵ (۰,۴۲)	۱۴,۵۷ (۰,۴۸)
تعداد مشاهدات	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶
تعداد کشورها	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اعداد داخل کروشه مقدار آماره t-statistic را نشان می‌دهد و اعداد داخل پرانتز بیانگر احتمال است. ضریب برآورد شده که دارای نشانه‌های \*\*، \*\*\* و \* هستند به ترتیب دارای سطوح معناداری

۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ می‌باشند.

## ۵. نتیجه‌گیری

در چند سال اخیر دنیا به اهمیت بیشتر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر واقف گردیده است و کشورهای توسعه‌یافته در راستای انرژی‌های تجدیدپذیر به پیشرفت و فناوری بیشتری نسبت به کشورهای در حال توسعه دست‌یافته‌اند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند سرمایه و فناوری است که کشورهای در حال توسعه در هر دو زمینه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته دارای شکاف قابل توجهی هست. رسیدن به فناوری پیشرفته توسط کشورهای در حال توسعه روندی طولانی دارد، پس منطقی است این کشورها در کنار سرمایه‌گذاری به انتقال فناوری از کانال واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای و جذب FDI و بومی نمودن آن از کشورهای توسعه‌یافته اقدام نمایند.

از جمله مهم‌ترین راه‌های انتقال فناوری که سرمایه‌مورد نیاز را هم تهیه می‌کند، FDI است که عمدتاً توسط شرکت‌های چندملیتی دارای بروزترین فناوری‌ها، صورت می‌گیرد. از همین روی دولت‌مردان به دنبال سیاست‌هایی جهت جذب این نوع سرمایه و همچنین واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای پیشرفته هستند. البته این روند علاوه بر مزایا، می‌تواند معایبی هم به دنبال داشته باشد.

علاوه بر سرریز فناوری از کانال FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای عوامل دیگری مانند تولید ناخالص داخلی سرانه، نوآوری و انباشت تحقیق و توسعه داخلی می‌تواند بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی تأثیرگذار باشد. در این راستا با استفاده از داده‌های پانل پویا، اثر سرریز فناوری از کانال FDI و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای بر سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۶ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. براساس نتایج، سرریز فناوری از هر دو کانال تأثیر مثبت و معناداری در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته داشته است و می‌توان با افزایش و بهبود سرریز فناوری از کانال واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در جهت افزایش سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی تولیدی، حرکت کرد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد تأثیر نوآوری، تولید ناخالص داخلی و انباشت تحقیق و توسعه داخلی بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در هر دو گروه کشورهای مورد مطالعه مثبت و از لحاظ آماری معنادار است. براساس نتایج تخمین و در راستای افزایش سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید کل انرژی توصیه‌های زیر برای سیاست‌گذاران کشورهای در حال توسعه ارائه می‌شود:

- فراهم نمودن شرایط مناسب برای سرمایه‌گذاران خارجی در جهت جذب FDI بین‌المللی.
- شناسایی بخش‌های مولد و کلیدی مرتبط با تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (بخش‌هایی با میزان آمادگی بالاتر جهت جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی) و اولویت دادن به این بخش‌ها هنگام تخصیص و هدایت جریان سرمایه‌گذاری.
- اتخاذ سیاست‌های تشویقی جهت جذب شرکای تجاری مناسب براساس شناخت دقیق نسبت به ساختار اقتصادی در راستای جذب نیازهای فنی و دانش و منابع مالی موردنیاز.
- تأکید بر واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای که دارای فناوری تولید بالا هستند.
- اهتمام جدی در خصوص افزایش انگیزه فعالین اقتصادی به انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه.

### منابع

- زمانیان، غلامرضا، آذربایجانی (۱۳۹۰)، «سرریز تکنولوژی از طریق تجارت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر بهره‌وری: مورد کشورهای OECD و Non-OECD»، رساله دکتری، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان.
- شاه‌آبادی، ابوالفضل و حواج، سحر (۱۳۹۰)، «بررسی اثر سرریز فناوری از طریق سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات نوآوری»، فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی، سال سوم، شماره ۱۶، صص ۱-۱۶.
- شاه‌آبادی، ابوالفضل، ولی‌نیا، سید آرش و انصاری، زهرا (۱۳۹۱)، «تأثیر سرریز فناوری ناشی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد بخش صنعت»، فصلنامه تخصصی پارک‌ها و مراکز رشد، سال نهم، شماره ۳۳، صص ۲۵-۱۳.
- هوشمند، محمود و حسینی، سید حامد (۱۳۹۲)، «ارزیابی اقتصادی تولید برق با استفاده از انرژی باد توسط بخش خصوصی در ایران»، فصلنامه اقتصاد پولی، مالی، سال ۲۱، شماره ۸، صص ۸۵-۱۰۶.
- Aitken, B. J. and Harrison, A. E. (1999), "Do domestic firms benefit from direct foreign investment? Evidence from Venezuela", *American Economic Review*, 89(3); 605-618.
- Alene, A. D. and Coulibaly, O. (2009); "Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture", *Agricultural Economics*, 41(3-4); 223-238.
- Araneo, R., Burghignoli, P., Lovat, G. and Hanson, G. (2015), "Modal propagation and crosstalk analysis in coupled graphene nanoribbons", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 57(4); 726-734.

- Amann, E. and Virmani, S.(2015), “Foreign direct investment and reverse technology spillovers, *The effect on tot OECD Global Forum on international investment OECD investment divisional factor productivity*”, *OECD Journal*, 3(14); 129-153.
- Amoo, O. M. and Fagbenle, R. L.(2013), “Renewable municipal solid waste pathways for energy generation and sustainable development in the Nigerian context”, *Energy and Environmental Engineering*, <http://www.journal-ijeee.com/content/4/1/42>.
- Backer, D. K. and Sleuwaegen, L.(2003), “Does foreign direct investment crowd out domestic entrepreneurship?” *Review of Industrial Organization*, 22(1); 67-84.
- Bayoumi, T., Coe, D. T & Helpman, E.(1999). “R&D Spillovers and Global Growth,” *Journal of International Economics*, 47(2); 399-428.
- Behera, R. S., Dua, P. D. and Goldar, B. G.(2012), “Horizontal and vertical technology spillover of foreign direct investment: An evaluation across Indian manufacturing industries”, *Munich Personal Repec Archive*, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/43293/>
- Bloom, N., Draca, M. and Van Reenen, J.(2008), “Trade induced technical change? The impact of Chinese imports on IT and innovation”, <https://pdfs.semanticscholar.org/cdf0/095d749cafdbcb36bc0d177bf940261ea9d0.pdf>.
- Cheung, K. Y. and Lin, P.(2004), “Spillover effects of FDI on innovation in China: Evidence from the peovicial data”, *China Economic Review*, 15(4); 25-44.
- Coe, D. T., Helpman, E. and Hoffmaister, A. W.(1997), “North-South R&D spillover”, *Economic Journal*, 107(440); 134-149.
- Coe, D. T. and Moghadam, R.(1993), “Capital and Trade as engines of growth in France: An application of Johansen’s cointegration methodology”, *IMF Staff Papers*, 40(93); 542-666.
- Crepon, B., Duguet, E. and Mairesse, J.(1998), “Research, innovation and productivity: An Econometric analysis at the firm level”, *NBER working papers*, No. 6696.
- Crespo, N. and Fontoura, M. P.(2006), “Determinant factors of FDI spillovers—what do we really know?” *World Development*, 35(3); 410-425.
- Coe, D. T., Helpman, E. and Hoffmaister, A. W.(2009), “International R&D spillovers and institutions”, *European Economic Review*, 53(7); 423-451.
- Damijan, J. P., Mark Knell, B. M. and Matija, R.(2003), “The role of FDI, R&D accumulation and trade in transferring technology to transition countries: Evidence from

- firm panel data for eight transition countries*”, *Economic Systems*, 27(2); 189-204.
- Edquist, C. and Hommen, L.(2009), “*Small country innovation systems: Globalization*”, *Change and Policy in Asia and Europe: Edward Elgar Publishing*.
  - Griliches, Zvi.(1998), “*Introduction to “R&D and productivity: The econometric evidence”*”, *The Econometric Evidence*, <http://www.nber.org/chapters/c8339>.
  - Grossman, G.M. and Helpman, E.(1991), “*Trade, Knowledge Spillovers, and Growth*”, *European Economic Review*, 35(1); 517-526.
  - Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., and Smits, R.(2007), “*Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change*”, *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4); 413-432.
  - Igliński, B., Iglińska, A., Cichosz, M., Kujawski, W., and Buczkowski R.(2016). “*Renewable energy production in the Łódzkie Voivodeship*”. *The PEST analysis of the RES in the voivodeship and in Poland*” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58(2016); 737-750.
  - Im, K. S., Pesaran, M. H. and Shin, Y.(1997), “*Testing for unit roots in heterogeneous panels*”, *Mimeo*.
  - Im, K. S., Pesaran, M. H. and Shin, Y.(2003), “*Testing for unit roots in heterogeneous panels*”, *Journal of Econometrics*, 115(1); 53-74.
  - Irandoust, M.(2016), “*The renewable energy-growth nexus with carbon emissions and technological innovation: Evidence from the Nordic countries*”, *Ecological Indicators*, 69; 118–125.
  - Keller, W.(2004), “*International technology diffusion*”, *Economic Literature*, 42(3); 752-782.
  - Levin, A., Lin, C. F. and Chu, C-S.J.(2002), “*Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite sample properties*”, *Journal of Econometrics*, 108(1); 1-24.
  - Lichtenberg, F. and Poterlie, B.(1998), “*International R&D spillovers: A comment*”, *European Economic Review*, 42(2); 1483-1491.
  - Lin, P., Liu, Zh. and zhang, Y.(2009), “*Do Chinese domestic firms benefit from FDI inflow? Evidence of horizontal and vertical spillovers*”, *China Economic Review*, 20(4); 677-691.
  - Lundvall, B. A.(2010), “*National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learn-ing*”,(Vol. 2): Anthem Press.

- Meyer, K.(2003), “*FDI spillovers in emerging markets: A literature review and new perspectives*”, *Copenhagen Business School*, [http://www.klausmeyer.co.uk/publications/2003\\_meyer\\_CNEM-DP\\_FDI-spillovers.pdf](http://www.klausmeyer.co.uk/publications/2003_meyer_CNEM-DP_FDI-spillovers.pdf)
- Noailly, J. and Shestalova, V.(2016), “*Knowledge spillovers from renewable energy technologies: Lessons from patent citations*”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*. [http://encore.seals.ac.za/iii/encore\\_ru/plus/C\\_\\_Spolicy%20research%20and%20external%20affairs%20working%20papers\\_\\_Orightresult?lang=eng&suite=ru](http://encore.seals.ac.za/iii/encore_ru/plus/C__Spolicy%20research%20and%20external%20affairs%20working%20papers__Orightresult?lang=eng&suite=ru)
- Ohler, A. and Fetters, I.(2014), “*The Causal Relationship between Renewable Electricity Generation and GDP Growth: A Study of Energy Sources*”, *Energy Economics*, [http://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v\\_3a43\\_3ay\\_3a2014\\_3ai\\_3ac\\_3ap\\_3a125-139.htm](http://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a43_3ay_3a2014_3ai_3ac_3ap_3a125-139.htm)
- Ping, L. and Qingchang, Z. H.(2008), “*The Effects of technological spillover through FDI and import trade on China’s innovation, school of economy of Shandong university of technology*”, [www.seiofbluemountain.com/search/detail.php?id=3948](http://www.seiofbluemountain.com/search/detail.php?id=3948).
- Puga, D. and Treffer, D.(2010), “*Wake up and smell the ginseng: International trade and the rise of incremental innovation in low-wage countries*”, *Journal of Development Economics*, 91(1); 64-76.
- Rahman, S. and Salim, R.(2013); “*Six decades of total factor productivity change and sources of growth in Bangladesh agriculture (1948-2008)*”, *Journal of Agricultural Economics*, 64(2); 275-294.
- Rogers, E. M.(2010), *Diffusion of innovations: Simon and Schuster*.
- Scherer, F. M.(2005), “*Edwin Mansfield: An appreciation*”, *Journal of Technology Transfer*, 30(1-2); 3-9.
- Schumpeter, J. A.(1939), “*Business cycles*”,(Vol. 1): Cambridge Univ Press.
- Sinani, E. and Meyer, K. E.(2004), “*Spillovers of technology transfer from FDI: The case of Estonia*”, *Journal of Comparative Economics*, 32(3); 445-466.
- Suriñach, J., Autant-Bernard, C., Manca, F., Massard, N. and Moreno, R.(2009), “*The diffusion/adoption of innovation in the internal market: Directorate general economic and monetary affairs (DG ECFIN)*”, *European Commission*. <https://ideas.repec.org/p/euf/ecopap/0384.html>

- Tantau, A., Chinie, A. and Carlea, F.(2015), “*Corporate entrepreneurship and innovation in the renewable energy field*”, *Procedia Economics and Finance*,
- [https://www.researchgate.net/publication/278742863\\_Corporate\\_Enterpreneurship\\_and\\_Innovation\\_in\\_the\\_Renewable\\_Energy\\_Field](https://www.researchgate.net/publication/278742863_Corporate_Enterpreneurship_and_Innovation_in_the_Renewable_Energy_Field)
- Tsoutsos, T. D. and Stamboulis, Y.A.(2005), “*The sustainable diffusion of renewable energy technologies as an expel of a focused-innovation policy*”, *Technovation*, 25(7); 753-761. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2003.12.003>
- Viotti, E. B.(2002), “*National learning systems: A new approach on technological change in late industrializ-ing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea*”, *Technological Forecasting and Social Change*, 69(7); 653-680.
- World development indicators (WDI) <http://www.World Bank.org>.