فصلنامه پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار) ـ سال بیست و دوم ـ شماره دوم ـ تابستان ۱۴۰۱ ـ صفحات ۳۲-۱

شناسایی فرصت‌های اقتصادی رشد سبز در ایران: یک تحلیل داده- ستانده انرژی چند عاملی[۱]

مریم جعفری تراجی[۲]
مجید مداح[۳]
نورالدین شریفی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۸

چکیده

رشد سبز، بر تولید و عرضه محصولات سازگار با محیط‌زیست تأکید دارد و به عنوان یک راهبرد مناسب برای رشد اقتصادی همراه با نگهداری و حفظ منابع طبیعی و کاهش انتشار آلودگی در کشورها مطرح است. با توجه به آنکه ایران به عنوان یک کشور درحال توسعه، در زمینه شاخص رشد سبز، عملکرد مطلوبی ندارد، لازم است تا در این زمینه، انرژی‌بری و آلایندگی فعالیت های مختلف اقتصادی و شناسایی فرصت های اقتصادی رشد سبز از نظر شاخص های تولید و اشتغال، مورد ارزیابی قرار گیرد. این تحقیق با استفاده از روش داده - ستانده انرژی چند عاملی و اطلاعات جدول داده - ستانده سال ۱۳۹۵، در پی بررسی و تحلیل تأثیر تقاضای نهایی بر مصرف انرژی اولیه، انتشار CO_2، رشد اقتصادی و مشاغل انرژی است که درنتیجهٔ آن، با در نظر گرفتن همزمان دو شاخص رشد و اشتغال، پتانسیل های رشد سبز در بخش‌های اقتصادی ایران مورد شناسایی قرار می گیرند. نتایج تجربی این تحقیق، نشان می‌دهد که بخش‌های مربوط به تولید محصولات کشاورزی، دامی، خدماتی و محصولات غذایی، دارای کمترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به ازای هر واحد رشد تولید و رشد مشاغل انرژی هستند. در مقابل، به دلیل پتانسیل پایین رشد سبز خدمات حمل و نقل، فلزات اساسی، محصولات از لاستیک و پلاستیک، تشویق افزایش تقاضای نهایی برای محصولات این بخش‌ها، جذاب نخواهد بود؛ به‌طوری‌که برای برنامه‌ریزی رشد سبز، به تغییرات ساختاری در این بخش‌ها، نیاز است.

واژگان کلیدی: رشد سبز، مصرف انرژی اولیه، انتشار دی‌اکسیدکربن، تحلیل داده - ستانده انرژی
طبقه بندیJEL: O44، Q41، Q53، O11

---

۱. مقاله حاضر، از رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه سمنان استخراج شده است.

۲. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
maryam.ji90@yahoo.com

۳. استاد گروه علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان(نویسنده مسوول)
majid.maddah@semnan.ac.ir

٤. دانشیارگروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، مازندران nsharify@umz.ac.ir

۱. مقدمه

تلاش برای افزایش تولید در برنامه ریزی ها ی توسعه، همراه با استفاده گسترده‌تر و فشرده‌تر از منابع انسانی، طبیعی و سرمایه فیزیکی است. هنگامی‌که نرخ رشد اقتصادی به طور محسوسی بالا می‌رود، فشار فزاینده‌ای بر منابع وارد می‌شود که در این راستا، تقاضا برای نیروی انسانی متخصص، نیاز به سرمایه و تجهیزات سرمایه‌ای و مصرف مواد خام و انرژی افزایش می‌یابد (آماده و همکاران، ۱۳۸۸).

یکی از عوامل اصلی در رشد و توسعه اقتصادهای مدرن، انرژی است که در بهبود عملکرد حوزه های مختلف یک اقتصاد مثل بخش خانگی، صنعت، کشاورزی و حمل و نقل، نقش بسیار مهمی دارد (Chontanawat *et al.*, 2006) و نیروی محرکه فعالیت های اقتصادی به شمار می آید. گرچه انرژی در فرایند تولید و مصرف بسیاری از کالاها و خدمات، به عنوان کالای نهایی یا یک نهاده، نقش مهمی ایفا می‌کند، اما طی مراحل اکتشاف، استخراج، بهره برداری، انتقال، تبدیل، توزیع و مصرف آن، انواع آلودگی‌ها در آب، خاک و هوا ایجاد می شود که هریک از آنها، اثرات مخربی بر انسان و محیط‌زیست دارند. امروزه روند رو به افزایش مصرف انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی، اگر چه دستیابی به اهداف رشد سریع اقتصادی را میسر می‌سازد و باعث ایجاد مشاغل مرتبط با انرژی می‌شود اما به واسطه نشر گازهای گلخانه‌ای، اثرات مخرب زیست محیطی فراوانی بر جای می‌گذارد. مطابق با گزارش کنوانسیون تغییرات آب و هوایی سازمان ملل[1]، تقریباً ۶۰ درصد از تولید گازهای گلخانه‌ای جهان، مربوط به بخش انرژی است.

افزایش هزینه های زیست‌محیطی ناشی از رشد اقتصادی، مفهوم «رشد سبز»[2] را برای کشورها مطرح کرده است که بر اساس آن، تلاش می شود تا هزینه های منفی زیست محیطی ناشی از رشد اقتصادی به حداقل برسد. در رشد سبز، رشد اقتصادی و افزایش اشتغال با حفظ محیط‌زیست همراه می شود که بدین ترتیب، یک کشور بر فعالیت هایی تمرکز می یابد که در آنها افزایش تولید و اشتغال همراه با کاهش مشکلات زیست‌محیطی، افزایش کارآیی منابع و انرژی است. چنین رویکردی به کشورها کمک می کند تا با مدیریت مطلوب منابع طبیعی، به هدف رشد اقتصادی پایدار، دسترسی پیدا کنند (Loiseau *et al.*, 2016). به رغم جایگاه مهم اقتصاد سبز در سیاستگذاری های اقتصادی کشورهای توسعه یافته، هنوز این موضوع در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، مورد توجه قرار نگرفته است (Barbier, 2016).

در این ارتباط، طبق آمارهای بین المللی، ایران به عنوان یکی از کشورهای با عملکرد ضعیف در شاخص رشد سبز (استفاده کارا و پایدار منابع، حفظ سرمایه طبیعی، فرصت های اقتصاد سبز و شمولیت اجتماعی) شناخته می شود (Global Green Growth Institute, 2020). همچنین ایران،

1. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
2. Green Growth

یکی از کشورهای برتر در انتشار دی اکسیدکربن به شمار می رود (International Energy Agency, 2021) که در آن، بخش‌های نیروگاهی، خانگی، تجاری، عمومی و حمل‌و نقل، بیشترین سهم را در انتشار آلودگی دارند (تراز نامه انرژی، ۱۳۹۷). تداوم این وضعیت، هزینه های اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای را به جامعه تحمیل می کند و رسیدن به اهداف رشد پایدار را دشوار می سازد. همچنین تعهدات ایران در جامعه جهانی درخصوص کاهش انتشار CO_2 نیز خدشه‌دار خواهد شد. در اجلاس جهانی تغییرات آب وهوایی که در سال ۲۰۱۵ در پاریس برگزار گردید، ایران تعهد نمود که تا سال ۲۰۳۰، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را تا ۴ درصدکاهش دهد. چنانچه کشوری برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای اقدام عملی انجام ندهد، با محدودیت‌های بین المللی نظیر محرومیت از سرمایه‌گذاری خارجی مواجه خواهد شد (گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۵).

البته اصلاح این روند، نیازمند بررسی انرژی‌بری و آلایندگی فعالیت های مختلف اقتصادی و شناسایی فرصت های اقتصادی رشد سبز از نظر شاخص های تولید و اشتغال است. در این راستا، اندازه گیری و مقایسه میزان انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به ازای هر واحد رشد تولید و رشد مشاغل در رشته فعالیت های مختلف، می تواند به تدوین استراتژی لازم جهت رشد سبز، منجر شود.

در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از روش تحلیل داده - ستانده انرژی چند عاملی[1]، پس از معرفی چهار متغیر مصرف انرژی اولیه، تولید کل، انتشار CO_2 از مصرف انرژی اولیه و مشاغل انرژی، محصولات اقتصاد ملی از نظر شاخص های رشد اقتصادی سبز و اشتغال سبز را مورد شناسایی قرار دهد.

بخش های بعدی مقاله، بدین ترتیب، سازماندهی شده است. بخش دوم، به ادبیات تحقیق اختصاص دارد که در آن، پس از بیان مفهوم رشد سبز، وضعیت ایران از نظر عملکرد زیست محیطی به‌طور مختصر و پیشینه پژوهش در مطالعات مختلف، مورد بررسی قرار می گیرد. در بخش سوم، روش تحقیق و تحلیل داده - ستانده انرژی چند عاملی معرفی می شود. در بخش چهارم، نتایج حاصل از محاسبات بر مبنای اطلاعات جدول داده - ستانده آماری سال ۱۳۹۵ بانک مرکزی که آخرین جدول داده - ستانده آماری کشور است، ارائه می‌گردد؛ و بخش پنجم، به نتیجه گیری و پیشنهادهای سیاستی، اختصاص دارد.

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

۲-۱. رشد سبز، اقتصاد سبز و توسعه پایدار

پرداختن به مشکلات زیست محیطی جامعه ضروری بوده، و درسطح اجتماعی، اهداف نهایی حفاظت از محیط‌زیست، بر بقا و توسعه انسان‌ها متمرکز شده است. کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه

1. Multi-Factor Energy Input-Output (MF-EIO)

سازمان ملل متحد، مفهوم توسعه پایدار را پیشنهاد داده، جایی که هدف آن، برآوردن نیازهای حال حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود می‌باشد (World Commission on Environment and Development, 1987). با این حال، این مفهوم توسعه پایدار به دلیل ماهیت ناشناخته رابطه بین اقتصاد در حال توسعه و محیط زیست، فاقد قابلیت اجرایی است. در سال ۲۰۰۵، «کمیسیون اقتصادی و اجتماعی ملل متحد برای آسیا و اقیانوسیه»، مفهوم رشد سبز را ارائه داده، که اقتصادی انعطاف پذیرتر و عملیاتی‌تری را برای توسعه پایدار فراهم می‌کند (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2012).

برخلاف نظریه رشد اقتصادی، که تنها به تولید ناخالص داخلی یا رفاه اجتماعی می‌پردازد، نظریه رشد سبز، اقتصاد، محیط زیست، فراگیری، تعادل و پایداری را شامل می‌شود. در سراسر جهان، رشد سبز، رایج ترین راه حل برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست است (Sohag *et al.*, 2019).

در نوامبر ۲۰۱۰، در گردهمایی کشورهای گروه ۲۰ در سئول، رشد سبز به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از توسعه پایدار شناخته شد. این اعتقاد همواره وجود دارد که ارتباط سه گانه اقتصاد سبز، رشد سبز و توسعه پایدار، به دلیل ماهیت و ساختارهای آنها مکمل یکدیگر هستند و در عین حال، ارتباط متقابلی بین آنها وجود دارد. اگر چه برخی از صاحب نظران، رشد سبز و اقتصاد سبز را به عنوان زیرشاخه‌های توسعه پایدار، معرفی کرده‌اند، اما در بسیاری از موارد، بین آنها باید تمایز قائل شد. رشد سبز، به شدت با ایده اقتصاد سبز در افزایش رفاه عمومی و عدالت اجتماعی ارتباط دارد و در عین حال، خطرات و کمبودهای زیست‌محیطی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد.

هدف نهایی اقتصاد سبز، دستیابی به توسعه جامعه بشری است. روابط اقتصادی و زیست محیطی، هسته اصلی اقتصاد سبز بوده، که به حل مشکلات تخریب محیط‌زیست و بی‌عدالتی اجتماعی براساس سیستم اقتصادی موجود اختصاص داده شده، و همپوشانی زیادی در هدف، معنا و روش، پشت این مفاهیم وجود دارد، اما این ایده جدیدی در حکمرانی اقتصادی جهان می باشد که سهم مثبتی در حکمرانی اقتصاد سبز جهانی داشته است (Guo *et al.*, 2018).

سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[1]، محیط زیست سازمان ملل متحد[2] و بانک جهانی، سه حامی اصلی نهادی نظریه رشد سبز در سطح بین‌المللی هستند که هر کدام از این نهادها، گزارشی از رشد سبز در کنفرانس ریو+۲۰ منتشر کرده‌اند. در سال ۲۰۱۱، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، استراتژی رشد سبز را با عنوان "به سوی رشد سبز"، راه اندازی کرد. درهمان سال، محیط زیست سازمان ملل متحد، گزارشی با عنوان "به سوی اقتصاد سبز: راه‌هایی برای توسعه پایدار و ریشه‌کنی فقر" و در سال ۲۰۱۲، بانک جهانی، "رشد سبز فراگیر: راهی برای توسعه پایدار" را منتشر کرد. در

1. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
2. United Nations Environment Programme (UNEP)

طول کنفرانس ریو+۲۰، این مؤسسات به مؤسسه جهانی رشد سبز پیوستند تا دانش رشد سبز را به عنوان ابزاری برای پیشبرد استراتژی رشد سبز در سراسر جهان ایجاد کنند (Hickel & Kalli, 2019).

نهادهای داخلی و بین المللی که رشد سبز را ترویج می‌کنند، تأکید دارند که رشد سبز جایگزین توسعه پایدار نیست بلکه شیوه‌ای برای رسیدن به آن است. توسعه پایدار، مسائلی مانند سازگاری کلی بین رشد و حفاظت از محیط زیست و ارزیابی مجدد هدف‌های اولیه اقتصادی، یعنی توسعه را مدنظر قرار می‌دهد. رشد سبز، نه تنها بر این سازگاری تأکید می نماید بلکه ادعا دارد که حفاظت محیط‌زیست، می‌تواند به بهبود و ارتقاء رشد کمک کند.

بحران مالی جهانی، به طور جدی اقتصاد جهان را تحت تأثیر قرار داده، و رشد سبز به یک استراتژی کلیدی اقتصادی در کشورهای مختلف تبدیل شده است. با این حال، کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه، از نظر توسعه اقتصاد سبز، با مشکلات کاملاً متفاوتی روبرو هستند. کشورهای توسعه یافته، می‌توانند بر رشد سبز مبتنی بر پایداری تمرکز کنند، در حالی که در کشورهای در حال توسعه، در عین اینکه از بار اجتماعی و زیست محیطی ناشی از رشد جلوگیری می‌شود، باید فقر و نابرابری نیز در فرایند رشد مورد توجه قرار گیرد (Luukkanen *et al.*, 2018).

ظرفیت محدود محیط‌زیست کشورهای در حال توسعه، نمی‌تواند از مدل توسعهٔ "ابتدا رشد و سپس حکمرانی" پشتیبانی کند. این امر، به دیدگاه متفاوتی در مورد نحوه رسیدگی به مسائل رشد و محیط‌زیست در این کشورها منجر شده است. محققان پیشنهاد کرده‌اند که در شرایط بحران اقتصادی جهانی، هزینه کمتر اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی، این فرصت را برای اتخاذ سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه فراهم کرده، و در شرایط بحران مالی، هدف اصلی سیاست دولت بر حل مشکل اشتغال و فقر متمرکز شده، و به دلیل ورشکستگی تعداد زیادی از بخش‌های صنعتی در دوران رکود اقتصادی، میزان مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست کاهش یافته است (Van Der Ploeg & Withagen, 2013).

بنابراین بسیاری از محققان، معتقدند که حفاظت از محیط‌زیست لزوماً نباید به رشد منجر شود و از طرفی، معتقدند که این دو از هم جدا نیستند. رشد اقتصادی حتی می‌تواند باعث بهبود محیط‌زیست شود و سطح بالاتری از توسعه پایدار را برای رشد سبز جهانی فراهم آورد. به عنوان مثال، می‌تواند بهره‌وری نیروی کار را از طریق بهبود سلامت افزایش دهد، نارسایی‌های بازار را از بین ببرد و بهره‌وری انرژی و محیط‌زیست را از طریق یارانه‌ها بهبود بخشد. علاوه براین، رشد اقتصادی می‌تواند باعث ایجاد زیرساخت سبز بیشتر یا نوآوری تکنولوژیکی شود (Acemoglu *et al.*, 2012).

با این حال منتقدان، رشد سبز را زیر سؤال برده، و معتقدند که آلودگی محیط زیست را به میزان قابل توجهی کاهش نداده است (Ward *et al.*, 2016). در سال‌های اخیر، دانشمندان مفهوم رشد

مجدد را به عنوان جایگزین رشد سبز برای حل مشکلات رشد و محیط زیست پیشنهاد کرده‌اند (Sandberg *et al.*, 2019).

در نظریه رشد مجدد، این اعتقاد وجود دارد که الگوی فعلی رشد اقتصادی، باید به طور اساسی تغییر کند و برای حفاظت از محیط زیست، کاهش سطح مصرف انرژی و سطوح تولید اجتماعی ضروری است. در این نظریه، هدف، توسعه اجتماعی پایدار است و تولید ناخالص داخلی، هدف توسعه اجتماعی انسان نیست. البته کاهش تولید ناخالص داخلی نیز پیامد این رویکرد نیست (Kallis, 2017).

رشد سبز و رشد مجدد بر رابطه بین محیط زیست و اقتصاد به طریق مختلف متمرکز است که به نظر می‌رسد در تضاد هستند. و درنتیجه، بحث گسترده‌ای در مورد این موضوع صورت می‌گیرد. هردو نظریه، رابطه بین اقتصاد و محیط‌زیست را ارائه می‌دهند، اما محدودیت‌های نظری برای هر دو رویکرد وجود دارد. رشد اقتصادی و حاکمیت زیست‌محیطی، نمی‌توانند به طور مدام با شکاف درآمدی و فقر موجود در سراسر جهان مقابله کنند. به عبارت دیگر، رشد فراگیر نیست و اگر رشد فراگیر نباشد، رشد برای هر هدفی پایدار نیست (Word Bank, 2012).

رشد فراگیر، مفهوم جدیدی نیست. براساس نظریه رشد سبز، بر هماهنگی کامل سه نظام اقتصاد، محیط زیست و جامعه درحال توسعه، تأکید شده است. پنجمین کنفرانس وزیران در زمینه محیط زیست و توسعه در آسیا و اقیانوسیه که سال ۲۰۰۵ در سئول برگزار شد، نشان داد که منظور از رشد سبز، کاهش شدت کربن در سیستم اقتصادی، آلودگی محیط زیست و اتلاف منابع است و رشد سبز، باید شامل رشد فراگیر اجتماعی باشد. رشد فراگیر، نقش مثبتی در برانگیختن ارزش‌های فرهنگی ایفا می‌کند که در آن، شهروندان با طبیعت هماهنگ زندگی می‌کنند (Vazquez-Brust *et al.*, 2014).

۲-۲. جایگاه اقتصاد سبز در ایران

کیفیت محیط‌زیست در ایران، وضعیت مطلوبی ندارد؛ به طوری که در بین کشورهای خاورمیانه از نظر تولید گازهای گلخانه ای، در رتبه بالایی قرار دارد و با تولید و انتشار ۶۱۶/۷ میلیون تن دی‌اکسیدکربن به عنوان اولین کشور مسؤول تغییرات اقلیم در خاورمیانه و هفتمین کشور در جهان شناخته می شود (Daneshvar *et al.*, 2019).

یکی از شاخص هایی که بر اساس آن، می توان موقعیت نسبی ایران به لحاظ کیفیت محیط‌زیست را مورد ارزیابی قرار داد، شاخص عملکرد زیست‌محیطی (EPI)[1] است. این شاخص، با استفاده از اطلاعات ۳۲ شاخص زیست‌محیطی از جمله آلودگی هوا، منابع آب، تنوع زیستی و تغییرات آب و هوایی، عملکرد کشورها را از لحاظ زیست‌محیطی مورد بررسی قرار می‌دهد. در این ارتباط، بررسی

1. Environmental Performance Index

جایگاه ایران در شاخص عملکرد زیست‌محیطی طی ده سال گذشته (۲۰۲۰-۲۰۱۰)، نشان دهنده وضعیت نه چندان مطلوب کشور در جهان و منطقه خاورمیانه است؛ به طوری که در میان ۱۸۰ کشور جهان، از رتبه ۸۳ در سال ۲۰۱۴ به جایگاه ۱۰۵ در سال ۲۰۱۶ نزول کرده است. این رتبه، گرچه بدترین جایگاه کشور در چند سال اخیر به شمار می‌رود، اما در سال های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ به ترتیب، به رتبه های ۸۰ و ۶۷ صعود کرده است.

اگرچه رتبه شاخص عملکرد زیست‌محیطی ایران در سال ۲۰۲۰، بهبود عملکرد زیست‌محیطی ایران را نسبت به سال های قبل نشان می دهد اما در بین زیرشاخص سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای، وضعیت ایران نامناسب است؛ به طوری‌که با تغییر ۳/۴- در طی ده سال گذشته، رتبه ۱۴۹ جهانی و رتبه ۱۰ منطقه ای را دارا بوده است. همچنین رتبه ایران از نظر شاخص نرخ رشد CO_2 با تغییر ۱۴/۷+ در طی ده سال گذشته در جهان ۸۷ و در منطقه خاورمیانه ۱۰ بوده است (Environmental Performance Index, 2020).

در زمینه حفظ و کنترل محیط‌زیست و برنامه ریزی رشد سبز در ایران، گرچه نهادی به طور مستقیم مسؤول پیگیری جریان اقتصاد سبز نیست اما به هر حال، موضوع محیط زیست در اسناد بالا دستی کشور گنجانده شده است. مواردی چون اصلاح الگوی تولید، بهینه سازی الگوی مصرف آب، منابع، غذا، مواد و انرژی بویژه ترویج مواد سوختی سازگار با محیط زیست، صنعت کم کربن، استفاده از انرژی پاک، محصولات کشاورزی سالم و ارگانیک و مدیریت پساب‌ها، توسعه حمل‌ونقل عمومی سبز و غیرفسیلی ازجمله برقی شدن و افزایش حمل‌ونقل همگانی بویژه در کلان شهرها در این اسناد، مورد تأکید قرار گرفته است.

۳-۲. پیشینه مطالعات تجربی

طی چند سال گذشته، رشد سبز به یک پارادایم مهم تبدیل شده است. سیاستگذاران سعی می‌کنند توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط زیست را به طور همزمان پیش ببرند. با این وجود، اتخاذ چنین تصمیماتی به دلیل تعاملات پیچیده بین ملاحظات اقتصادی، انرژی و زیست محیطی، کار دشواری است. از آنجا که جداول داده - ستانده به‌خوبی بیان‌کننده ارتباطات میان بخش‌های اقتصادی است، می‌تواند به عنوان یکی از مناسب‌ترین ابزارها برای وارد کردن محاسبات زیست‌محیطی در انجام سیاستگذاری‌های اقتصادی کشور به شمار آید.

آغاز تحقیقات کمّی در مورد روابط متقابل فعالیت‌های اقتصادی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی با بهره گیری از جدول داده - ستانده به اواخر دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد.

کامبرلند (Cumberland, 1966)، یک جدول داده - ستانده که شامل منافع و هزینه فعالیت‌های مختلف اقتصادی می‌باشد را مطرح کرد و تفاوت این هزینه و منافع را نشانه فشار بر محیط زیست در اثر فعالیت‌های اقتصادی در نظر گرفت. لئونتیف (Leontief، 1970)، ارتباط آلاینده‌های هوا با فعالیت‌های تولیدی را در قالب جدول داده - ستانده ۷۰ بخشی بررسی کرد.

لئونتیف و فورد (Leontief & Ford, 1972)، سطرها و ستون‌هایی به جدول داده - ستانده اضافه کردند که سطرها شامل آلاینده‌های منتشره در محیط زیست و ستون‌ها شامل بخش‌های کاهنده آلاینده‌ها بود. این چهارچوب‌های نخستین، سال‌ها است که زمینه مطالعات مختلف در حیطه بررسی روابط اقتصاد و محیط زیست، بویژه اندازه‌گیری میزان انتشار و دفع آلاینده‌ها را فراهم کرده‌اند.

مطالعات زیادی، نقش مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی در رابطه با مصرف خانوارها را مورد بررسی قرار داده‌اند که شامل مطالعات وصفی اسفستانی (۱۳۸۵)، کلارا و همکاران(Cellara *et al.*, 2011)، ژانگ(Zhang, 2015)، بزازان و خسروانی (۱۳۹۵)، شریفی و دهقانپوروحید (۱۳۹۵) است. به عنوان مثال، ژانگ (Zhang, 2015) با استفاده از روش داده - ستانده، به بررسی رابطه مصرف انرژی و انتشار CO_2 حاصل از مصارف خانگی و همچنین تأثیر عوامل غیرمستقیم انتشار CO_2 پرداخته است.

مطالعات دیگر، به بررسی مصرف انرژی و انتشار CO_2 در مناطق خاصی از یک کشور پرداختند. لانگ و یوشیدا (Long & Yoshida, 2018)، به بررسی میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی در سطح شهر توکیو با استفاده از مدل داده - ستانده چند منطقه‌ای پرداخته است. همچنین نصرالهی و همکاران (۱۳۹۳)، کروز و همکاران (Cruz *et al.*, 2019) و وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2021)، نمونه‌ای از مطالعاتی هستند که در سطح منطقه‌ای انجام شده‌اند. ریموز و همکاران (Ramose *et al.*, 2019)، در مطالعه‌ای، با استفاده از یک مدل داده - ستانده، تأثیر زیست محیطی و اقتصادی سرمایه‌گذاری برای یکپارچه سازی منابع تجدید پذیر مانند فتوولتاییک، آبی کوچک یا میکروباد در بازار برق را مورد بررسی قرار داده‌اند.

همچنین در مطالعاتی، از روش تحلیل تجزیه ساختاری جدول داده - ستانده برای بررسی تغییرات انتشار آلاینده‌ها استفاده شده است. به عنوان نمونه، فطرس و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای، تحت عنوان «تحلیل تجزیهٔ ساختاری انتشار دی اکسید کربن (CO_2) صنعتی ایران با رویکرد داده - ستانده، تغییرات در انتشار CO_2 را با استفاده از جدول داده - ستانده برای بخش‌های مختلف صنعتی، طی دوره های ۷۵-۱۳۷۰ و ۸۰-۱۳۷۵ بررسی، و عوامل اصلی تغییرات انتشار آلاینده‌های زیست محیطی را تجزیه و تحلیل نمودند. یو و همکاران (Yu et al., 2020)، با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری، به بررسی انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی کشور چین برای سال های ۲۰۱۷- ۲۰۰۷ پرداختند.

با توجه به مطالعات فوق‌الذکر، یکی از تفاوت‌های مطالعه حاضر نسبت به مطالعات انجام شده در ایران، استفاده از روش داده - ستانده انرژی چند عاملی بوده که برای اولین بار به طور تجربی برای ایران به کار گرفته شده است؛ درحالی که تنها ۵ بخش انرژی و ۱۱ حامل انرژی در جدول داده - ستانده پولی ایران وجود دارد، که این رویکرد به محقق امکان می‌دهد تا مدل را به ۱۰ بخش و ۱۸ حامل انرژی بسط دهد که به بررسی جزئی‌تر و دقیق‌تر نسبت به سایر مدل‌های داده - ستانده انرژی منجر می‌شود. همچنین این روش، با تفکیک انرژی اولیه از حامل‌های انرژی ثانویه، کمک می‌کند تا از شمارش مضاعف گازهای گلخانه‌ای و مصرف جریان‌های انرژی ثانویه جلوگیری گردد.

درنظر گرفتن همزمان دو شاخص رشد سبز و تعیین چهار منطقه برای بخش‌های اقتصادی، یکی دیگر از تفاوت‌های این تحقیق نسبت به تحقیقات انجام شده در کشورمان است. در مطالعاتی که در کشورهای دیگر با استفاده از روش داده - ستانده انرژی چند عاملی، میزان مصرف انرژی و میزان انتشار آلودگی مورد بررسی قرار گرفته، میزان مصارف غیرانرژی بخش انرژی، به حساب نیامده (Bagheri *et al.*, 2018; Guevara *et al.*, 2019)، که در این تحقیق، مصارف غیرانرژی بخش انرژی نیز محاسبه شده است.

۳. روش شناسی

مدل های داده - ستانده انرژی بر اساس جریان‌های انرژی و جریان‌های پولی در یک اقتصاد، بنا شده است و اغلب به دو نوع اصلی، روش مستقیم و روش ترکیبی (هیبرید) تقسیم می‌شوند. روش مستقیم به علت سهولت بیشتر، متداول‌تر است اما نتایج این روش، از اطمینان کمتری برخوردار است (Miller & Blair, 2009). روش ترکیبی توضیحات مفصل‌تر و عملی‌تری از جریان انرژی ارائه می‌دهد اما درک محدودی از جریان انرژی، بخصوص در مورد تبدیل انرژی و استفاده آن در سراسر اقتصاد فراهم می‌کند (Guevara & Rodrigues, 2016). از این رو، تلاش‌هایی در جهت ارتقاء قابلیت‌های روش ترکیبی انجام گرفته است که به درک بهتر جریان‌های انرژی در اقتصاد منجر می‌شود.

گوارا و دومینگوس (Guevara & Domingos, 2017)، با استفاده از ویژگی‌های هر دو روش، یک داده - ستانده انرژی تحت عنوان داده - ستانده انرژی چند عاملی پیشنهاد دادند که نه تنها، تبدیل انرژی و فرایندها را در یک سیستم اقتصادی متمایز می‌کند، بلکه قابلیت محاسبه کارآیی انرژی را دارا می‌باشد. روش داده - ستانده انرژی چند عاملی در مقایسه با روش ترکیبی (هیبرید)، نمایش دقیق‌تری از جریان انرژی در یک اقتصاد ارائه می‌دهد. این روش، با تفکیک انرژی اولیه از حامل‌های انرژی ثانویه، کمک می‌کند تا از شمارش مضاعف گازهای گلخانه‌ای و مصرف جریان‌های انرژی ثانویه جلوگیری شود. مدل داده - ستانده انرژی چند عاملی در ترکیب با تعادل انرژی در واحدهای فیزیکی،

می‌تواند جریان‌های انرژی غیربازاری را که در روش‌های داده - ستانده متعارف براساس اطلاعات مالی موجود نیست، حساب کند. بنابراین، انتظار می‌رود تا محاسبه بهتری از مصرف کل انرژی اولیه و انتشار گازهای مرتبط با انرژی حاصل شود.

۱-۳. تجزیه و تحلیل داده - ستانده پولی (ارزشی)

اساس جدول داده - ستانده با استفاده از دو ماتریس جذب ($\mathbf{U}$) و ماتریس ساخت ($\mathbf{V}$) تهیه می‌شود که u_{ij} مقدار محصول i است که توسط بخش j مورد استفاده قرار می‌گیرد. v_{ij} مقدار محصول j است که توسط بخش i تولید می‌شود. با فرض اینکه x_i کل ستانده بخش i ، و q_j کل ستانده از محصول j باشد، ماتریس ضرایب فنی با استفاده از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\mathbf{B}^M = \mathbf{U}^M (\widehat{x^M})^{-1} \quad (۱)$$

$$\mathbf{D}^M = \mathbf{V}^M (\widehat{q^M})^{-1} \quad (۲)$$

که در آن، $\mathbf{B}^M = [b_{ij}]$ ماتریس ضرایب فنی جدول جذب بوده، و عناصر آن، نشان می‌دهد که برای تولید هر واحد کالا در بخش j، b_{ij} واحد از کالای i مورد نیاز است. $\mathbf{D}^M = [d_{ij}]$ ماتریس ضرایب فنی جدول ساخت (سهم بازار) است که عناصر آن، سهم بخش i در تولید (هر واحد از) کالای j را نشان می‌دهد. M نشان دهنده اندازه‌گیری متغیرها با واحدهای پولی و ارزشی است. با استفاده از ماتریس ضرایب فنی جذب و ماتریس سهم بازار، ماتریس ضرایب فنی جدول متقارن کالا در کالا حاصل می‌شود که با استفاده از رابطه (۳) نشان داده می‌شود.

$$\mathbf{A}^M = \mathbf{B}^M \mathbf{D}^M \quad (۳)$$

که در آن، $\mathbf{A}^M = [a_{ij}]$ ماتریس ضرایب فنی جدول متقارن کالا در کالا که عناصر آن، میزان کالای i مورد نیاز در تولید هر واحد کالای j را نشان می‌دهد.

$$\ddot{\mathbf{L}}^M = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^M)^{-1} \quad (۴)$$

$$\dot{\mathbf{L}}^M = \mathbf{D}^M (\mathbf{I} - \mathbf{A}^M)^{-1} \quad (۵)$$

در رابطه (۴) $\ddot{\mathbf{L}}^M = [l_{ij}]$ ماتریس معکوس لئونتیف است که یک ماتریس کالا در کالا با ابعاد p×p می‌باشد و عناصر آن، میزان نیاز مستقیم و غیرمستقیم تولید کالای i برای تولید یک واحدکالای نهایی j را نشان می‌دهد.

در رابطه (۵)، ماتریس $\dot{\mathbf{L}}^M$ نشان می‌دهد که به ازای هر واحد تقاضای نهایی از یک کالا، چه مقدار در بخش‌های مختلف تولید می‌شود. این ماتریس، یک ماتریس بخش در کالا با ابعاد k×P می‌باشد.

به دلیل شباهت بین معاملات پولی و انرژی، رابطه (۱) تا (۳) را برای معاملات انرژی نیز می‌توان نوشت. بنابراین، ماتریس معکوس لئونتیف انرژی از رابطه (۶) حاصل می‌شود که یک ماتریس کالا در کالا با ابعاد $m' \times m'$ است و عناصر آن، میزان نیاز مستقیم و غیرمستقیم تولید انرژی i برای تولید یک واحد کالای نهایی از انرژی j را نشان می دهد.

$$\ddot{\mathbf{L}}^E = (\mathbf{I}-\mathbf{A}^E)^{-1} \quad (۶)$$

$$\dot{\mathbf{L}}^E = \mathbf{D}^E (\mathbf{I}-\mathbf{A}^E)^{-1} \quad (۷)$$

ماتریس $\dot{\mathbf{L}}^{\mathbf{E}}$ که ماتریس بخش در کالا با ابعاد $\acute{n} \times \acute{m}$ می‌باشد، نشان می‌دهد که به ازای هر واحد تقاضای نهایی کالای انرژی، چه مقدار از انرژی تولیدی بخش‌های مختلف انرژی، نیاز است.

$$\mathbf{C}^E = \mathbf{U}^E_{ne}(\widehat{\boldsymbol{r}^E})^{-1} \quad (۸)$$

در رابطه (۸)، $\mathbf{U}^{\mathrm{E}}_{\mathrm{ne}}$، نشان دهنده بخش‌های غیرانرژی در جدول انرژی است و از جمع ستون‌های $\mathbf{U}^E_{ne}$، بردار تقاضای انرژی مستقیم با ابعاد $1\times(\acute{k}-\acute{n})$ به‌وجود می‌آید که با $\boldsymbol{r}'^E$ نشان داده شده، $\boldsymbol{C}^E$ نیز ماتریس تقاضای انرژی مستقیم با ابعاد $\acute{m}\times(\acute{k}-\acute{n})$ است. ارتباط مدل داده - ستانده بخش انرژی با بقیه اقتصاد از طریق وارد کردن بقیه اقتصاد به مدل بخش انرژی، از رابطه شدت انرژی مستقیم حاصل می‌گردد که در رابطه (۹) نشان داده می‌شود.

$$\mathbf{T}^E = \widehat{\boldsymbol{r}^E}(\widehat{\boldsymbol{x}}^M)^{-1} \quad (۹)$$

$\mathbf{T}^{\boldsymbol{E}}$ ماتریس شدت انرژی مستقیم است که یک ماتریس قطری با ابعاد $(\acute{k}-\acute{n})\times(\acute{k}-\acute{n})$ می‌باشد که مقدار انرژی مستقیم مورد نیاز یک بخش غیرانرژی به ازای هر واحد ستانده آن بخش را نشان می‌دهد. $\boldsymbol{x}^M$ بردار ستونی ستانده کل بخش غیرانرژی در جدول پولی می‌باشد.

جدول پولی شامل بخش انرژی و غیرانرژی و همچنین محصول انرژی و غیرانرژی بوده، و بنابراین، ماتریس ضرایب فنی آن، قابل تقسیم به چهار زیر ماتریس است.

$$\dot{\mathbf{L}}^M = \begin{bmatrix} \mathbf{L}_\alpha & \mathbf{L}_\Pi \\ \mathbf{L}_\beta & \mathbf{L}_\phi \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

$\mathbf{L}_\alpha$ زیرماتریس کل انرژی مورد نیاز (اولیه و ثانویه) بخش انرژی به‌ازای هر واحد تقاضای نهایی انرژی؛

$\mathbf{L}_\beta$ زیرماتریس کل نیاز غیرانرژی بخش انرژی به ازای هر واحد تقاضای نهایی انرژی؛

$\mathbf{L}_\Pi$ زیرماتریس کل نیاز انرژی بخش غیرانرژی به ازای هر واحد تقاضای نهایی غیرانرژی؛

$\mathbf{L}_\phi$ زیرماتریس کل نیاز غیرانرژی بخش غیرانرژی به ازای هر واحد تقاضای نهایی غیرانرژی است.

بردار کل انرژی (اولیه و ثانویه) مورد نیاز در واحد انرژی ($\boldsymbol{q}^E$) با ابعاد $\acute{m}\times 1$، با استفاده از رابطه (۱۱) به دست می‌آید (Guevara & Domingos, 2017; Bagheri *et al.*, 2018).

$$\boldsymbol{q}^E = \ddot{\mathbf{L}}^E\ \mathbf{C}^E\ \mathbf{T}^E\ \mathbf{L}_\phi\ \boldsymbol{f}^m_{ne} + (\ddot{\mathbf{L}}^E + \ddot{\mathbf{L}}^E\mathbf{C}^E\mathbf{T}^E\ \mathbf{L}_\beta \mathrm{B})\boldsymbol{f}^E \quad (۱۱)$$

که در آن، $\boldsymbol{f}_{ne}^{m}$ بردار تقاضای نهایی غیرانرژی برحسب واحد پولی با ابعاد ۱× (p-m)، $\boldsymbol{f}^{E}$ بردار تقاضای نهایی انرژی بر حسب واحد انرژی با ابعاد ۱× $\acute{m}$ و B متوسط قیمت انرژی در اقتصاد است. قسمت اول رابطه (۱۱)، مقدار انرژی مورد نیاز به ازای تقاضای نهایی غیرانرژی و قسمت دوم رابطه، مقدار انرژی مورد نیاز به ازای تقاضای نهایی انرژی را نشان می‌دهد. $\mathbf{L}_{\beta}$ در اکثر موارد، نسبتاً کوچک است و باعث می‌گردد که مقدار $\ddot{\mathbf{L}}^{E}\mathbf{C}^{E}\mathbf{T}^{E}\ \mathbf{L}_{\beta}\mathrm{B}$ ناچیز و بی‌اهمیت شود (Guevara & Domingos, 2017).

۲-۳. ضرایب داده - ستانده انرژی چند عاملی (MF-EIO)

ضرایب اثرات تولید کل اقتصاد، مصرف انرژی و سایر شاخص‌های اقتصادی و محیطی ناشی از تغییر یک واحد تقاضای نهایی برای یک محصول خاص را نشان می‌دهند (Bagheri *et al.*, 2018).

۱-۲-۳. تولید کل در واحد پولی

با توجه به مدل پایه داده - ستانده، ضریب تولید کل به صورت مجموع ستون ماتریس معکوس لئونتیف محاسبه می‌شود. به طور مشابه، TP_e و TP_{ne} که به ترتیب، ضریب تولید انرژی و غیرانرژی در واحد پولی هستند که با استفاده از رابطه (۱۲) و (۱۳) محاسبه می‌شوند.

$$TP_e = i\,\mathbf{L}_{\alpha} + i\,\mathbf{L}_{\beta} \qquad (۱۲)$$

$$TP_{ne} = i\,\mathbf{L}_{\Pi} + i\,\mathbf{L}_{\phi} \qquad (۱۳)$$

۲-۲-۳. مصرف انرژی اولیه

بردار انرژی کل به‌دست آمده ($\boldsymbol{q}^{E}$)، هر دو جریان انرژی اولیه و ثانویه را محاسبه می‌کند که با استفاده از بردار ضریب انرژی اولیه (k_p) از هم جدا می‌شوند. بنابراین، مصرف انرژی اولیه (PEC) با استفاده از رابطه (۱۴) قابل محاسبه است.

$$PEC = k_p\ \ddot{\mathbf{L}}^{E}\ \mathbf{C}^{E}\ \mathbf{T}^{E}\ \mathbf{L}_{\phi}\ \boldsymbol{f}_{ne}^{m} + k_p\ (\ddot{\boldsymbol{L}}^{\boldsymbol{E}} + \ddot{\boldsymbol{L}}^{\boldsymbol{E}}\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{E}}\boldsymbol{T}^{\boldsymbol{E}}\ \boldsymbol{L}_{\boldsymbol{\beta}}\boldsymbol{B})\bar{\boldsymbol{f}}^{\boldsymbol{E}} \qquad (۱۴)$$

که در آن، k_p بردار ضریب انرژی اولیه است و $\bar{\boldsymbol{f}}^{\boldsymbol{E}}$ تقاضای نهایی داخلی است که با کم کردن مقدار صادرات از تقاضای نهایی ($\bar{\boldsymbol{f}}^{\boldsymbol{E}}=\boldsymbol{f}^{E}-\boldsymbol{ex}$) محاسبه می‌شود.

ضریب PEC افزایش مصرف انرژی اولیه در اثر یک واحد تغییر در تقاضای نهایی را نشان می‌دهد. معادله ($۱۴a$) و ($۱۴b$) به ترتیب، ضریب مصرف انرژی اولیه برای تقاضای نهایی انرژی (PEC^{e}) و ضریب مصرف انرژی اولیه برای تقاضای نهایی غیرانرژی (PEC^{ne}) را نشان می‌دهد.

$$\mu\,(PEC^{e}) = k_p\ (\ddot{\boldsymbol{L}}^{\boldsymbol{E}} + \ddot{\boldsymbol{L}}^{\boldsymbol{E}}\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{E}}\boldsymbol{T}^{\boldsymbol{E}}\ \boldsymbol{L}_{\boldsymbol{\beta}}\boldsymbol{B}) \qquad (۱۴a)$$

$$\mu\,(PEC^{ne}) = k_p\ \ddot{\mathbf{L}}^{E}\ \mathbf{C}^{E}\ \mathbf{T}^{E}\ \mathbf{L}_{\phi} \qquad (۱۴b)$$

۳-۲-۳. انتشار CO_2 از مصرف انرژی اولیه

مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با انرژی را می‌توان با ضرب کردن بردار عوامل انتشار در معادله (۱۴) به دست آورد.

$$CO_2 = k_{CO2}\ k_p\ \ddot{\mathbf{L}}^E\ \mathbf{C}^E\ \mathbf{T}^E\ \mathbf{L}_\phi\ \boldsymbol{f}_{ne}^m + k_{CO2}\ k_p\ (\ddot{\boldsymbol{L}}^E + \ddot{\boldsymbol{L}}^E\boldsymbol{C}^E\boldsymbol{T}^E\ \boldsymbol{L}_\beta\boldsymbol{B})\overline{\boldsymbol{f}}^E \quad (۱۵)$$

که در آن، k_{CO2} انتشار CO_2 از جریان‌های انرژی اولیه است. ضرایب CO_2 کل تغییرات در انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌دلیل افزایش یک واحد تقاضای نهایی اندازه‌گیری می‌کند. معادله (۱۵ a) و (۱۵b) به ترتیب، ضریب CO_2 برای تقاضای نهایی انرژی و ضریب CO_2 برای تقاضای نهایی غیرانرژی را نشان می‌دهد.

$$\mu\ (CO_2^e) = k_{CO2}\ k_p\ (\ddot{\boldsymbol{L}}^E + \ddot{\boldsymbol{L}}^E\boldsymbol{C}^E\boldsymbol{T}^E\ \boldsymbol{L}_\beta\boldsymbol{B}) \quad (۱۵a)$$

$$\mu\ (CO_2^{ne}) = k_{CO2}\ k_p\ \ddot{\mathbf{L}}^E\ \mathbf{C}^E\ \mathbf{T}^E\ \mathbf{L}_\phi \quad (۱۵b)$$

۳-۲-۴. مشاغل انرژی

معادله (۱۶)، تعداد کل مشاغل را با استفاده از بردار ضریب شغل k_j (تری ژول/ مشاغل) محاسبه می‌کند. معادلات (۱۶a) و (۱۶b) به ترتیب، ضریب شغل انرژی برای تقاضای نهایی انرژی $\mu\ (E - jobs^e)$ و ضریب شغل انرژی برای تقاضای غیرانرژی $\mu\ (E - jobs^{ne})$ را نشان می‌دهد.

$$E\text{-}jobs = k_j\ \dot{\boldsymbol{L}}^E\ \boldsymbol{C}^E\ \boldsymbol{T}^E\ \boldsymbol{L}_\phi\ \boldsymbol{f}_{ne}^M + k_j\ (\dot{\boldsymbol{L}}^E + \dot{\boldsymbol{L}}^E\ \boldsymbol{C}^E\boldsymbol{T}^E\ \boldsymbol{L}_\beta\boldsymbol{B})\ \boldsymbol{f}^E \quad (۱۶)$$

$$\mu\ (\mathrm{E-jobs^e}) = k_j\ (\dot{\boldsymbol{L}}^E + \dot{\boldsymbol{L}}^E\ \boldsymbol{C}^E\boldsymbol{T}^E\ \boldsymbol{L}_\beta\boldsymbol{B}) \quad (۱۶a)$$

$$\mu\ (\mathrm{E-jobs^{ne}}) = k_j\ \dot{\boldsymbol{L}}^E\ \boldsymbol{C}^E\ \boldsymbol{T}^E\ \boldsymbol{L}_\phi\ \boldsymbol{f}_{ne}^M \quad (۱۶b)$$

۳-۳. شاخص‌های رشد

در این بخش، با استفاده از ضرایب داده - ستانده انرژی چند عاملی، دو شاخص پیشنهاد می‌شود.

$$\mathrm{GEGI} = \frac{\mu CO_2}{\mu(TP)} \quad (۱۷)$$

شاخصGEGI، میزان انتشار CO_2 به ازای هر واحد رشد تولید را نشان می‌دهد.

$$\mathrm{GJGI} = \frac{\mu CO_2}{\mu(E-jobs)} \quad (۱۸)$$

شاخص GJGI هم نشان می‌دهد که به ازای هر واحد شغل انرژی ایجاد شده، چه مقدار CO_2 منتشر می‌کند. دو معادله (۱۷) و (۱۸)، شاخص رشد سبز را نشان می‌دهند.

۴-۳. داده های آماری

در روش داده - ستانده انرژی چند عامل، نیاز به ساخت جدول در واحد پولی و جدول انرژی در واحد فیزیکی می‌باشد. آمار و اطلاعات مورد نیاز مربوط به جدول در واحد پولی، از آخرین اطلاعات در دسترس یعنی جدول داده - ستانده آماری سال ۱۳۹۵ بانک مرکزی ایران، استفاده شده است. این جدول شامل ۸۴ بخش غیرانرژی و ۵ بخش انرژی، ۱۱۹ محصول غیرانرژی و ۱۱ محصول انرژی می‌باشد.

برای ساخت جدول انرژی، آمارهای مربوط از ترازنامه هیدوکربوری سال ۱۳۹۵ استخراج شده، و از آنجایی که در ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۹۵ آمار مصرف انرژی صنعت به صورت رقمی کلی آمده، از نتایج طرح آمارگیری کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار و همچنین نتایج طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران استفاده شده، و در نهایت، پس از به کارگیری معیارهای اقتصادی و فنی لازم، جدول انرژی داده - ستانده با ۲۲ بخش غیرانرژی و ۱۰ بخش انرژی و ۱۸ محصول انرژی، تهیه گردیده است.

درطول این تحقیق، واحد انرژی، تری ژول[1] و واحد پولی، میلیارد ریال ایران می باشد.

ضرایب انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی اولیه، از دستورالعمل هیأت بین الدول تغییر آب و هوا (IPCC)[2] گرفته شده، و آمار اشتغال، از نتایج سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ (مرکز آمار ایران) همچنین از REN21(2016)[3] و اطلاعات قیمت سوخت‌های فسیلی، از ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۵ وزارت نیرو اخذ گردیده است.

معادل انرژی اولیه برای جریان های تجدیدپذیر با روش محتوای فیزیکی (Bhattacharyya, 2011; IEA, 2014) و برای جریان های انرژی ثانویه وارداتی، با فرض تکنولوژی داخلی برآورد شده است.

۴. تحلیل ضرایب محاسبه شده در تحقیق

۴-۱. تحلیل ضرایب محصولات انرژی

نتایج حاصل از جدول (۱)، حاکی از آن است که از منظر مصرف انرژی اولیه، برق بیشترین ضریب مصرف انرژی اولیه را دارا می‌باشد؛ به‌طوری‌که یک تری ژول افزایش در تقاضای نهایی برق، سبب افزایش ۴/۱۰۴ تری ژول مصرف انرژی اولیه می‌شود. بنزین با ضریب ۲/۰۳۲ و کک با ضریب ۱/۸۸۷ به ترتیب، در رتبه دوم و سوم مصرف انرژی اولیه قرار دارند.

---

۱. هر تری ژول، معادل ۱۰۱۲ ژول می‌باشد.

2. Intergovernmental Panel on Climate Change

3. Renewables Global Status Report

بیشترین ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن نیز مربوط به برق می‌باشد و به طور خاص، افزایش مربوط به انتشار دی‌اکسیدکربن، به دلیل افزایش یک تری ژول در تقاضای نهایی برق، برابر با ۲۲۱ تن است. همچنین یک تری ژول افزایش تقاضای نهایی گاز تصفیه شده، باعث افزایش ۷۳ تن انتشار دی اکسیدکربن می‌شود که در بین محصولات انرژی از لحاظ میزان افزایش انتشار، کمترین مقدار را دارا می‌باشد.

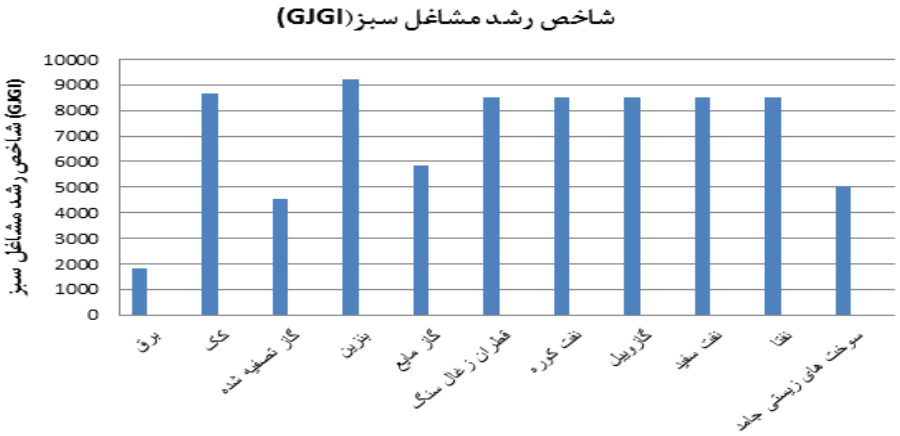
جدول۱. ضرایب داده - ستانده انرژی چند عاملی برای محصولات انرژی

شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 (تن)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار دی‌اکسیدکربن /مشاغل انرژی (تن/نفر)
۱	برق	۴/۱۰۴	۲۲۱	۰/۱۲۱	۱۸۲۴
۲	بنزین	۲/۰۳۲	۱۳۹	۰/۰۱۵۱	۹۲۱۳
۳	کک	۱/۸۸۷	۱۳۰	۰/۰۱۵۱	۸۶۵۳
۴	گازوئیل	۱/۸۶۴	۱۲۸	۰/۰۱۵۱	۸۴۸۶
۵	نفت کوره	۱/۸۶۴	۱۲۸	۰/۰۱۵۱	۸۴۸۶
۶	نفت سفید	۱/۸۶۴	۱۲۸	۰/۰۱۵۱	۸۴۸۶
۷	قطران زغال سنگ	۱/۸۶۴	۱۲۸	۰/۰۱۵۱	۸۴۸۷
۸	نفتا	۱/۸۶۴	۱۲۸	۰/۰۱۵۱	۸۴۸۷
۹	گاز مایع (بوتان، پروپان و ...)	۱/۳۹۹	۹۵	۰/۰۱۱۶	۵۸۶۴
۱۰	گاز تصفیه شده	۱/۴۴۴	۷۳	۰/۰۱۶۲	۴۵۱۴
۱۱	سوخت زیستی جامد	۱/۰۰۵	۱۰۱	۰/۰۲۰	۵۰۵۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

افزایش تقاضای نهایی برای بنزین، بیشترین انتشار دی اکسیدکربن برای ایجاد یک واحد اشتغال بخش انرژی (GJGI) را به‌دنبال دارد. همان‌طوری که نمودار (۱) نشان می‌دهد، قطران زغال سنگ، نفت کوره، گازوییل، نفت سفید و نفتا، از نظر مقدار GJGI، تقریباً درشرایط مشابهی قرار دارند. کمترین مقدار GJGI مربوط به برق است. پایین بودن میزان GJGI برق، نشان دهنده پتانسیل بالا برای ایجاد مشاغل انرژی سبز درکشور می‌باشد.

نمودار۱. تأثیر یک تری ژول افزایش تقاضا برای محصولات انرژی بر انتشار دی اکسیدکربن به اشتغال بخش انرژی (تن/نفر)



مأخذ: یافته‌های تحقیق

۲-۴. تحلیل ضرایب محصولات غیرانرژی

براساس اطلاعات جدول (۲) از نظر بیشترین ضریب مصرف انرژی اولیه، به ترتیب، شیشه و محصولات شیشه‌ای، خدمات حمل‌ونقل ریلی بار، رتبه‌های نخست را به خود اختصاص داده‌اند؛ به طوری‌که یک میلیارد ریال افزایش در تقاضای نهایی برای شیشه و محصولات شیشه‌ای، سبب افزایش ۲/۷۷۶ و خدمات حمل و نقل ریلی بار، ۲/۶۳۴ تری ژول مصرف انرژی اولیه می‌شود. خدمات اجاره واحدهای مسکونی شخصی، خدمات واحدهای مسکونی اجاره‌ای و خدمات تأمین اجتماعی اجباری، به ترتیب، دارای کمترین ضریب مصرف انرژی اولیه می‌باشند. یک افزایش تقاضای نهایی یک میلیاردریالی برای این محصولات، مصرف انرژی اولیه را کمتر از ۰/۲ تری ژول افزایش می‌دهد.

اگرچه شیشه و محصولات شیشه‌ای، رتبه اول را از لحاظ مصرف انرژی اولیه دارا می‌باشند و با توجه به یافته‌های تحقیق، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی اولیه در این محصول، کمتر از خدمات حمل‌ونقل ریلی بار است که دلیل آن، می‌تواند نوع سوخت مصرفی در این محصول باشد.

جدول۲. ضرایب داده - ستانده انرژی چندعاملی برای محصولات غیرانرژی و شاخص‌های رشد سبز (انتشار دی‌اکسیدکربن به تولید کل (GEGI) (تن/میلیارد ریال) و انتشار دی اکسیدکربن بر اشتغال بخش انرژی (GJGI) (تن/نفر)

	شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
	۹۳	خدمات اجاره واحدهای مسکونی شخصی	۰/۱۳۰	۷	۱/۰۴۱	۰/۰۰۲۵	۷	۲۷۴۲
	۹۲	خدمات بیمه و مستمری	۰/۳۴۵	۱۹	۲/۴۱	۰/۰۰۶۲	۸	۳۰۷۰
	۹۴	خدمات واحدهای مسکونی اجاری	۰/۱۷۱	۱۰	۱/۱۲۸	۰/۰۰۳۱	۸	۳۰۴۲
	۱۰۹	خدمات آموزش پیش دبستانی، ابتدایی دولتی	۰/۱۸۲	۱۰	۱/۲۲۰	۰/۰۰۳۲	۸	۳۰۹۶
	۱۱۱	خدمات آموزش متوسط دولتی	۰/۱۸۲	۱۰	۱/۲۲۰	۰/۰۰۳۲	۸	۳۰۹۶
	۱۰۷	خدمات تأمین اجتماعی اجباری	۰/۱۸۱	۱۰	۱/۲۱۳	۰/۰۰۳۲	۸	۳۱۵۰
	۹۱	خدمات مالی، بانکداری، سرمایه گذاری	۰/۲۶۸	۱۵	۱/۶۸۳	۰/۰۰۴۶	۹	۳۲۶۷
	۹۶	خدمات معاملات ملکی	۰/۲۸۷	۱۶	۱/۶۹۷	۰/۰۰۴۸	۱۰	۳۳۲۴
	۱۰۲	خدمات مخابراتی و اینترنتی	۰/۲۶۴	۱۵	۱/۵۵۵	۰/۰۰۴۳	۱۰	۳۵۳۲
	۱۰۶	خدمات دفاعی و انتظامی	۰/۲۷۳	۱۶	۱/۵۴۵	۰/۰۰۴۴	۱۰	۳۵۳۰
	۱۱۵	خدمات بهداشت، سلامت و مراقبت اجتماعی	۰/۲۸۴	۱۶	۱/۴۶۷	۰/۰۰۴۶	۱۱	۳۴۳۷
	۱۰۰	خدمات دامپزشکی	۰/۲۵۲	۱۵	۱/۴۲۸	۰/۰۰۴۱	۱۰	۳۵۲۴
	۹۰	خدمات پست و پیک	۰/۲۵۷	۱۵	۱/۴۷۵	۰/۰۰۴۱	۱۰	۳۵۵۶
	۱۱۴	خدمات آموزش دوره‌های آمادگی،	۰/۲۷۳	۱۶	۱/۵۰۹	۰/۰۰۴۴	۱۰	۳۵۴۹
منطقه ۱	۱۱۸	خدمات تفریحی، فرهنگی و ورزشی	۰/۲۸۹	۱۷	۱/۵۶۲	۰/۰۰۴۶	۱۱	۳۵۸۵

شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
۱۱۶	خدمات انتقال و تصفیه فاضلاب و دفع پسماند و تخلیه چاه	۰/۲۶۲	۱۵	۱/۴۴۷	۰/۰۰۴۱	۱۰	۳۶۲۳
۹۸	خدمات تحقیق و توسعه	۰/۲۹۸	۱۷	۱/۵۰۸	۰/۰۰۴۷	۱۱	۳۵۷۱
۱۱۳	خدمات آموزش عالی دولتی	۰/۲۹۸	۱۶	۱/۵۹۲	۰/۰۰۴۷	۱۱	۳۶۱۴
۱۰۵	خدمات اداری دولت (امور عمومی)	۰/۲۷۸	۱۶	۱/۴۶۴	۰/۰۰۴۳	۱۱	۳۷۲۱
۱۰۳	خدمات محتوای آنلاین، خبرگزاری ها، کتابخانه ها، پخش برنامه های رادیو تلویزیون	۰/۳۰۲	۱۸	۱/۵۸۶	۰/۰۰۴۷	۱۱	۳۷۴۳
۸۰	خدمات ارائه جا به مسافران (هتل ها و سایر اقامتگاه ها)	۰/۳۰۶	۱۸	۱/۵۳۳	۰/۰۰۴۹	۱۲	۳۶۰۷
۱۰۱	خدمات تبلیغات و بازاریابی	۰/۲۸۳	۱۷	۱/۴۴۵	۰/۰۰۴۳	۱۱	۳۸۳۰
۷۹	خدمات عمده فروشی و خرده فروشی و حق العمل‌کاری	۰/۲۸۲	۱۷	۱/۳۷۴	۰/۰۰۴۲	۱۲	۳۸۶۳
۴۱	انواع سیگار و سایر محصولات از توتون و تنباکو	۰/۴۳۱	۲۴	۱/۷۴۴	۰/۰۰۶۱	۱۴	۳۹۵۸
۹۹	خدمات مشاوره حقوقی و حسابداری، سایر خدمات تخصصی و فنی	۰/۳۳۳	۱۹	۱/۴۹۴	۰/۰۰۴۹	۱۳	۳۹۱۳
۲۵	آب	۰/۵۲۲	۳۰	۲/۰۳۶	۰/۰۰۷۶	۱۵	۳۸۶۴
۱۱۲	خدمات آموزش عالی خصوصی	۰/۳۱۸	۱۹	۱/۴۳۰	۰/۰۰۴۷	۱۳	۳۹۳۴
۸۱	خدمات ارائه غذا و نوشیدنی	۰/۵۷۴	۳۳	۲/۰۵۱	۰/۰۰۸۶	۱۶	۳۷۸۰
۴۴	انواع منسوجات بجز پوشاک و کف پوش ها	۰/۶۸۶	۳۸	۲/۰۲۵	۰/۰۱۱۲	۱۹	۳۳۶۷

شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
۴۲	انواع نخ و پارچه نساجی بافته شده	۰/۷۱۹	۴۰	۲/۰۵۲	۰/۰۱۱۸	۱۹	۳۳۴۲
۴۳	انواع فرش و سایر کفپوش ها	۰/۶۷۸	۳۸	۲/۰۰۵	۰/۰۱۱۲	۱۹	۳۳۴۹
۳۲	انواع نشاسته و محصولات نشاسته ای	۰/۶۲۷	۳۶	۲/۱۵۹	۰/۰۱۰۰	۱۷	۳۵۹۷
۳۱	انواع آرد و سایر محصولات از دانه های آسیاب شده	۰/۶۳۴	۳۷	۲/۱۸۱	۰/۰۱۰۱	۱۷	۳۶۱۶
۳۴	انواع نان و سایر محصولات نانوایی و شیرینی پزی	۰/۷۵۲	۴۳	۲/۶۱۱	۰/۰۱۱۴	۱۷	۳۸۰۹
۳۳	خوراک دام و طیور	۰/۷۸۴	۴۵	۲/۶۷۸	۰/۰۱۱۸	۱۷	۳۸۱۸
۳۵	قند و شکر	۰/۷۸۴	۴۵	۲/۶۷۸	۰/۰۱۱۸	۱۷	۳۸۱۸
۳۶	کاکائو، شکلات و سایر شیرینی ها	۰/۷۸۴	۴۵	۲/۶۷۸	۰/۰۱۱۸	۱۷	۳۸۱۸
۳۷	انواع ماکارونی و سایر فراورده های مشابه حاصل از آرد	۰/۷۸۴	۴۵	۲/۶۷۸	۰/۰۱۱۸	۱۷	۳۸۱۸
۳۸	چای و قهوه	۰/۷۸۴	۴۵	۲/۶۷۸	۰/۰۱۱۸	۱۷	۳۸۱۸
۳۹	ادویه و سایر محصولات غذایی	۰/۷۴۵	۴۳	۲/۵۳۱	۰/۰۱۱۳	۱۷	۳۸۰۲
۲۸	سبزی ها و میوه‌های آماده شده	۰/۶۷۵	۳۹	۲/۳۱۵	۰/۰۱۰۴	۱۷	۳۷۳۲
۲۹	روغن ها و چربی های حیوانی و گیاهی	۰/۷۰۸	۴۱	۲/۳۸۵	۰/۰۱۰۶	۱۷	۳۸۷۹
۳۰	لبنیات و محصولات لبنی	۰/۶۵۰	۳۸	۲/۱۱۱	۰/۰۱۰۷	۱۸	۳۵۰۰
۲۶	انواع گوشت و فراورده های گوشتی	۰/۶۸۳	۴۰	۲/۲۵۷	۰/۰۱۰۹	۱۸	۳۶۲۶
۴۹	انواع کاغذ و محصولات کاغذی	۰/۷۳۵	۴۲	۲/۱۷۵	۰/۰۱۰۸	۱۹	۳۸۷۲
۲۷	ماهی و فراورده های حاصل از آبزیان	۰/۶۲۷	۳۶	۱/۹۸۶	۰/۰۱۰۵	۱۸	۳۴۵۴

شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
۱۷	چوب های جنگلی و غیر جنگلی	۰/۴۲۳	۲۵	۱/۲۴۶	۰/۰۰۸۴	۲۰	۲۹۱۶
۱۸	سایر محصولات جنگلداری و قطع اشجار	۰/۴۲۳	۲۵	۱/۲۴۶	۰/۰۰۸۴	۲۰	۲۹۱۶
۵	انواع میوه ها	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۱	گندم	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۲	شلتوک و برنج	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۳	سایر غلات و حبوبات	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۴	سبزیجات	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۶	دانه های روغنی	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۷	ریشه ها و غده های خوراکی حاوی مقدار زیادی نشاسته	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۸	محصولات نوشیدنی، معطر و ادویه ای	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۹	حبوبات خشک	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۱۰	چغندرقند و نیشکر	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۱۱	مواد خام گیاهی	۰/۵۶۴	۳۳	۱/۵۷۲	۰/۰۱۰۳	۲۱	۳۱۴۲
۱۹	ماهی و سایرفرآورده های دریایی	۰/۵۸۵	۳۴	۱/۶۹۴	۰/۰۱۰۵	۲۰	۳۲۱۵
۱۲	گاو و گوسفند (گوشت قرمز)	۰/۷۲۷	۴۲	۱/۹۹۳	۰/۰۱۳۰	۲۱	۳۲۴۸
۱۳	مرغ و ماکیان (گوشت سفید)	۰/۷۲۷	۴۲	۱/۹۹۳	۰/۰۱۳۰	۲۱	۳۲۴۸
۱۴	شیر دام ها و سایر انواع شیرها	۰/۷۲۷	۴۲	۱/۹۹۳	۰/۰۱۳۰	۲۱	۳۲۴۸
۱۵	انواع تخم حیوانات	۰/۷۲۷	۴۲	۱/۹۹۳	۰/۰۱۳۰	۲۱	۳۲۴۸
۱۶	سایر محصولات دامی	۰/۷۲۷	۴۲	۱/۹۹۳	۰/۰۱۳۰	۲۱	۳۲۴۸
۱۰۸	خدمات آموزش پیش دبستانی، ابتدایی خصوصی	۰/۵۲۲	۳۲	۱/۷۲۲	۰/۰۰۶۶	۱۸	۴۷۷۲
۴۰	انواع نوشیدنی ها	۰/۸۲۹	۴۸	۲/۵۳۷	۰/۰۱۱۲	۱۹	۴۲۹۷
۴۵	انواع پوشاک و کالاها از پوست خزدار	۰/۲۸۹	۱۷	۱/۷۰۸	۰/۰۰۴۰	۱۰	۴۲۱۵

	شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
	۴۷	انواع کفش	۰/۲۶۸	۱۶	۱/۸۱۵	۰/۰۰۳۷	۹	۴۲۰۵
	۴۶	چرم و محصولات چرمی بجز کفش	۰/۳۳۵	۲۰	۱/۹۷۸	۰/۰۰۴۶	۱۰	۴۲۴۸
	۴۸	محصولات چوبی	۰/۳۵۵	۲۱	۱/۸۰۹	۰/۰۰۴۵	۱۲	۴۶۱۳
	۷۵	وسایل نقلیه آبی، ریلی، هوایی و قطعات آنها	۰/۴۱۰	۲۴	۱/۹۹۱	۰/۰۰۵۲	۱۳	۴۶۳۲
	۷۶	سایر تجهیزات حمل و نقل و قطعات مربوط به آنها	۰/۴۱۰	۲۴	۱/۹۹۱	۰/۰۰۵۲	۱۳	۴۶۳۲
	۷۲	انواع وسایل اندازه گیری، ابزار اپتیکی، ابزار دقیق و انواع ساعت	۰/۴۴۲	۲۶	۲/۱۱۳	۰/۰۰۵۵	۱۲	۴۷۱۲
	۷۰	لوازم و دستگاه های رادیویی، تلویزیونی و ارتباطی	۰/۴۵۵	۳۰	۲/۱۰۰	۰/۰۰۵۸	۱۳	۴۶۲۹
	۶۷	ماشین آلات دفتری، حسابداری و محاسباتی	۰/۴۶۸	۲۸	۲/۱۳۱	۰/۰۰۵۸	۱۳	۴۷۶۸
	۵۸	انواع مبلمان	۰/۴۳۱	۲۶	۱/۹۷۵	۰/۰۰۵۳	۱۳	۴۷۸۷
	۷۳	انواع وسیله نقلیه موتوری (خودرو)، تریلر و نیم تریلر؛ انواع کانتینر	۰/۵۶۷	۳۴	۲/۵۶۲	۰/۰۰۷۰	۱۳	۴۸۲۳
	۷۴	اجزاء و قطعات و لوازم الحاقی به وسایل نقلیه موتوری	۰/۵۷۴	۳۴	۲/۵۱۷	۰/۰۰۷۱	۱۴	۴۸۳۱
	۶۹	سایر ماشین آلات و تجهیزات صنعت برق	۰/۶۰۰	۳۶	۲/۳۶۱	۰/۰۰۷۲	۱۵	۴۹۲۴
	۶۸	موتورهای الکتریکی، ژنراتورها و ترانسفورماتورها و قطعات آنها	۰/۶۳۳	۳۸	۲/۴۱۲	۰/۰۰۷۵	۱۶	۴۹۵۶
منطقه ۲	۶۶	انواع لوازم خانگی و سایر ماشین آلات با کاربرد خاص و قطعات آنها	۰/۶۳۲	۳۸	۲/۴۱۰	۰/۰۰۷۵	۱۶	۴۹۵۲

شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
۷۱	تجهیزات پزشکی و جراحی و تجهیزات ارتوپدی	۰/۴۶۱	۲۸	۱/۸۵۹	۰/۰۰۵۵	۱۵	۴۹۹۵
۵۹	سایر مصنوعات طبقه بندی نشده	۰/۵۳۹	۳۲	۱/۸۶۸	۰/۰۰۷۱	۱۷	۴۳۹۰
۶۵	انواع ماشین آلات فرآوری مواد غذایی، تولید منسوجات و نظامی و قطعات آنها	۰/۶۱۹	۳۷	۲/۲۴۰	۰/۰۰۷۹	۱۶	۴۶۲۹
۶۳	انواع ماشین آلات با کاربرد عام	۰/۵۸۹	۳۵	۲/۲۲۷	۰/۰۰۶۸	۱۶	۵۱۳۲
۶۱	محصولات فلزی سازه ای	۰/۶۳۲	۳۷	۲/۱۹	۰/۰۰۷۶	۱۷	۴۸۵۱
۶۲	سایر محصولات صنعتی فلزی ساخته شده	۰/۶۳۴	۳۷	۲/۱۹۲	۰/۰۰۷۷	۱۷	۴۸۴۵
۱۰۴	خدمات سرویس و تعمیر و نصب، نظافت و سایر خدمات پشتیبانی، تولیدی و انتشاراتی	۰/۴۶۰	۲۸	۱/۷۰۳	۰/۰۰۶۱	۱۶	۴۴۸۳
۱۱۹	سایر خدمات شخصی خانگی و نهادهای برون مرزی	۰/۴۹۸	۳۰	۱/۷۵۸	۰/۰۰۶۵	۱۷	۴۵۷۶
۱۱۷	خدمات سازمان های عضویتی و مذهبی و سیاسی	۰/۴۹۹	۳۰	۱/۷۵۷	۰/۰۰۶۵	۱۷	۴۵۸۰
۹۵	خدمات واحدهای غیرمسکونی اجاری	۰/۵۱۸	۳۱	۱/۶۳۲	۰/۰۰۷۰	۱۹	۴۳۳۰
۶۴	انواع ماشین آلات کشاورزی، ماشین ابزار، متالوژی (ذوب فلز) و معدن کاری و قطعات آنها	۰/۸۴۱	۴۹	۲/۱۶۷	۰/۰۱۰۴	۲۳	۴۶۶۴
۵۰	محصولات شیمیایی اساسی	۰/۹۳۰	۵۰	۱/۹۵۵	۰/۰۱۳۱	۲۵	۳۷۸۲

	شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولید کل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
	۵۱	سایر محصولات شیمیایی	۱/۰۳۰	۵۵	۱/۹۹۰	۰/۰۱۴۵	۲۸	۳۷۸۳
	۲۲	سنگ گچ و آهک	۰/۷۵۹	۴۶	۱/۴۴۸	۰/۰۱۱۹	۳۲	۳۸۶۷
	۲۳	شن، ماسه، ریگ و خاک رس	۰/۷۵۹	۴۶	۱/۴۴۸	۰/۰۱۱۹	۳۲	۳۸۶۷
	۲۴	سایر محصولات معدنی (سایر کانی ها)	۰/۷۵۹	۴۶	۱/۴۴۸	۰/۰۱۱۹	۳۲	۳۷۶۷
	۲۰	سنگ های فلزی، مس، آلومینیم و نیکل	۰/۸۰۹	۵۰	۱/۴۹۸	۰/۰۱۲۵	۳۳	۳۹۳۸
	۲۱	سنگ های تزئینی و ساختمانی و مجسمه سازی	۱/۸۲۳	۱۰۲	۱/۶۹۵	۰/۰۲۵۶	۶۰	۳۹۸۸
منطقه ۳	۵۵	محصولات نسوز و غیرنسوز سازه ای (انواع آجر، بلوک و کاشی)	۲/۵۵۰	۱۴۱	۱/۸۶۵	۰/۰۳۵۰	۷۵	۴۰۱۶
	۵۴	محصولات سرامیکی غیرسازه ای	۲/۵۶۳	۱۴۲	۱/۸۶۷	۰/۰۳۵۲	۷۶	۴۰۱۶
	۵۶	گچ، آهک و سیمان	۲/۵۶۳	۱۴۲	۱/۸۶۷	۰/۰۳۵۲	۷۶	۴۰۱۶
	۵۷	سایر محصولات معدنی غیرفلزی	۲/۵۶۳	۱۴۲	۱/۸۶۷	۰/۰۳۵۲	۷۶	۴۰۱۶
	۵۳	شیشه و محصولات شیشه ای	۲/۷۷۶	۱۵۲	۱/۸۷۸	۰/۰۳۸۳	۸۱	۳۹۷۷
	۷۷	ساختمان مسکونی	۱/۰۱۹	۶۰	۲/۳۴۶	۰/۰۱۲۸	۲۶	۴۶۷۸
	۷۸	ساختمان غیرمسکونی و سازه های عمرانی و خدمات ساختمانی	۰/۹۵۰	۵۶	۲/۳۵۲	۰/۰۱۱۸	۲۴	۴۷۲۳
	۵۲	محصولات از لاستیک و پلاستیک	۱/۱۷۰	۷۰	۲/۵۴۶	۰/۰۱۵۱	۲۷	۴۶۰۵
منطقه ۴	۹۷	خدمات کرایه ماشین آلات و تجهیزات بدون متصدی و کالاهای شخصی و خانگی	۰/۶۸۳	۴۳	۱/۵۹۹	۰/۰۰۷۹	۲۷	۵۳۳۰
	۶۰	فلزات اساسی	۱/۰۰۵	۵۸	۲/۲۶۲	۰/۰۱۱۴	۲۶	۵۰۷۱
	۸۶	خدمات انتقال از طریق خط لوله	۱/۸۲۶	۱۲۰	۱/۶۰۷	۰/۰۱۵۵	۷۵	۷۷۱۲

شماره	نام محصول	مصرف انرژی اولیه (تری‌ژول)	انتشار CO_2 تن	تولید کل (میلیارد ریال)	مشاغل انرژی (نفر)	انتشار CO_2/ تولیدکل	انتشار CO_2/ مشاغل انرژی
۸۴	خدمات حمل و نقل ریلی مسافر	۲/۵۳۴	۱۶۶	۲/۱۴۳	۰/۰۲۱۸	۷۸	۷۶۱۲
۸۳	خدمات حمل و نقل جاده ای بار	۱/۹۴۱	۱۲۸	۱/۵۸۶	۰/۰۱۶۵	۸۱	۷۷۴۷
۸۲	خدمات حمل و نقل جاده ای مسافر	۱/۹۰۱	۱۲۵	۱/۵۳۹	۰/۰۱۶۱	۸۱	۷۷۶۱
۸۷	خدمات حمل و نقل دریایی	۲/۱۶۷	۱۴۳	۱/۷۵۵	۰/۰۱۸۲	۸۱	۷۸۲۲
۸۸	خدمات حمل و نقل هوایی و فضایی	۲/۰۵۲	۱۳۵	۱/۶۲۶	۰/۰۱۷۳	۸۳	۷۸۰۹
۸۹	خدمات پشتیبانی حمل و نقل	۱/۹۷۴	۱۳۰	۱/۴۸۸	۰/۰۱۶۶	۸۷	۷۸۳۳
۸۵	خدمات حمل و نقل ریلی بار	۲/۶۳۴	۱۷۴	۱/۸۵۸	۰/۰۲۱۹	۹۴	۷۹۱۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ضریب بالاتر مشاغل انرژی، نشان‌دهنده پتانسیل بیشتر برای ایجاد شغل در بخش انرژی است. در بین محصولات غیرانرژی، بیشترین ضریب مشاغل انرژی برای شیشه و محصولات شیشه‌ای با ۰/۰۳۸ نفر شغل می‌باشد که محصولات سرامیکی، گچ و آهک و سیمان، به ترتیب، در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

همان‌طور که درجدول (۲) نشان داده شده است، قند و شکر، کاکائو، شکلات و سایر شیرینی‌ها، چای و قهوه، انواع ماکارونی و سایر فرآورده‌های مشابه حاصل از آرد و خوراک دام و طیور، محصولاتی هستند که بیشترین پتانسیل رشد تولید را دارند؛ به‌طوری‌که با افزایش یک میلیارد ریال تقاضای نهایی برای این محصولات، تولیدکل ۲/۶۷ میلیارد ریال افزایش می‌یابد. انواع نان، انواع وسیله نقلیه موتوری و محصولات از لاستیک و پلاستیک، به ترتیب، رتبه‌های بعدی از لحاظ پتانسیل رشد تولید را دارا می‌باشند.

مقایسه اطلاعات در جدول (۲)، نشان دهنده تناقض توانایی بیشتر بخش‌های اقتصادی در تأمین همزمان اهداف اقتصادی و زیست محیطی است. برای مثال، محصولات از لاستیک و پلاستیک که از پتانسیل رشد تولید بالایی برخوردار می باشد، میزان دی‌اکسیدکربن بالایی را نیز منتشر می‌کند؛ به طوری‌که یک میلیارد ریال افزایش تقاضای نهایی برای این محصول، باعث افزایش ۷۰ تن انتشار

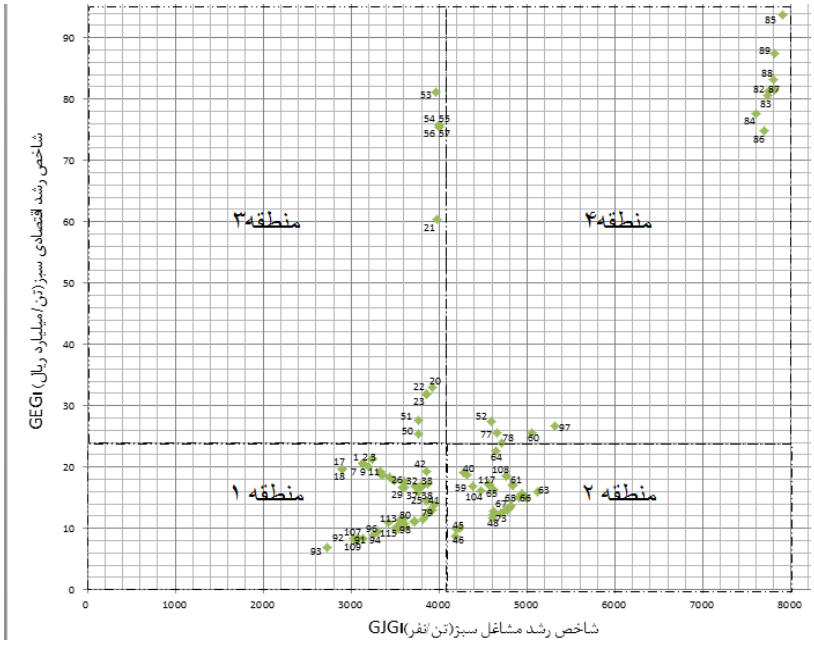
دی‌اکسیدکربن می‌شود و بنابراین، به منظور تشخیص بخش‌ها در تأمین همزمان اهداف مختلف، شاخص رشد اقتصادی سبز (انتشار دی‌اکسیدکربن/ تولیدکل) و شاخص رشد مشاغل سبز (انتشار دی اکسیدکربن/ مشاغل انرژی) محاسبه گردید.

۳-۴. تحلیل شاخص‌های رشد سبز

مقایسه کمی پتانسیل فعالیت‌های غیرانرژی برای رشد اقتصادی و بازارهای شغلی، انرژی با کمترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، راهنمایی برای رشد سبز در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. بنابراین، با درنظر گرفتن همزمان دو شاخص رشد سبز، بخش‌های اقتصادی، به چهار گروه تقسیم شده است. با این تقسیم بندی، اقداماتی که باید با صرف زمان کمتر یا به عبارت دیگر در کوتاه‌مدت (مناطق ۱ و ۲) و تلاش‌های طولانی مدت (مناطق۳ و ۴) برای رسیدن به رشد سبز، انجام گیرد، مشخص می‌گردد. مبنای تقسیم بندی براساس میانگین انتشار انجام شده است. به عبارت دیگر، بخش‌هایی که میزان انتشار آنها، از میانگین انتشاردی اکسیدکربن کمتر است، در منطقه ۱ (منطقه رشد سبز) قرار می‌گیرند.

به‌دلیل اینکه منطقه ۱ محصولات غیرانرژی‌ای را شناسایی می‌کند که در حال حاضر، موجب افزایش قابل توجه در رشد اقتصادی و اشتغال همراه با انتشار دی‌اکسیدکربن کمتر می‌شود (GEGI و GJGI پایین)، بنابراین، در زمینه رشد سبز، اولویت و تأکید ویژه باید بر روی این منطقه قرار گیرد. با توجه به جدول (۲) و همچنین نمودار (۲)، محصولات خدماتی، محصولات کشاورزی و دامی، مواد غذایی، انواع کاغذ و محصولات کاغذی، انواع نخ و پارچه نساجی بافته شده، انواع فرش و سایرکفپوش‌ها، نمونه‌ای از محصولاتی هستند که در منطقه ۱ قرار دارند. تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با افزایش تقاضای نهایی از طریق تخفیف مالیاتی، یارانه و اختصاص هزینه بیشتر دولتی، در کوتاه مدت و میان مدت، این محصولات را مورد حمایت قرار دهند. ساختار بخش‌هایی که در این منطقه قرار دارند، نیاز به تغییر اساسی ندارد.

نمودار ۲. تعیین مناطق رشد سبز با استفاده از شاخص رشد اقتصادی سبز (GEGI) و شاخص رشد اشتغال سبز (GJGI)



مأخذ: یافته‌های تحقیق

در منطقه ۲، محصولات غیرانرژی دارای شدت انتشار کمتر به ازای هر واحد رشد تولید (GEGI پایین) و شدت انتشار بیشتر به ازای هر واحد رشد اشتغال (GJGI بالا) معرفی می‌شود. چرم و محصولات چرمی، انواع پوشاک و کالاها از پوست خزدار، محصولات چوبی، انواع مبلمان، انواع ماشین آلات با کاربرد عام، محصولات فلزی سازه‌ای، انواع مخزن و منبع فلزی و ژنراتورهای بخار و قطعات مربوط به آنها، نمونه‌ای از محصولاتی هستند که در این منطقه قرار دارند. دولت می‌تواند هنگام در نظر گرفتن شدت انتشار کمتر برای رشد اقتصادی، افزایش پتانسیل اشتغال را نیز در نظر بگیرد، اگرچه مقادیر GJGI آنها مطلوب نیست.

در منطقه ۳، به خوبی از رشد اشتغال سبز حمایت می‌شود (GJGI پایین)، در حالی که رشد اقتصادی پیش‌بینی شده در این منطقه محدود، همراه با انتشار زیاد دی‌اکسیدکربن (GEGI بالا) است. با توجه به یافته‌های تحقیق، محصولات شیمیایی اساسی، سایر محصولات شیمیایی، سنگ‌های

تزئینی و ساختمانی، محصولات نسوز و غیرنسوز سازه‌ای، محصولات سرامیکی غیرسازه‌ای، گچ، آهک و سیمان، سایر محصولات معدنی غیرفلزی و شیشه و محصولات شیشه‌ای، در این منطقه قرار دارند.

در منطقه ۴، رشد اقتصادی و رشد اشتغال پیش‌بینی شده محدود، همراه با انتشار زیاد دی اکسید کربن (GEGI بالا و GJGI بالا) است. خدمات حمل و نقل، خدمات کرایه ماشین آلات و تجهیزات بدون متصدی، فلزات اساسی، محصولات از لاستیک و پلاستیک، و ساختمان مسکونی، در این منطقه قرار می‌گیرند.

با توجه به پتانسیل اقتصادی سبز پایین در منطقه ۳ و ۴، تشویق افزایش تقاضای نهایی برای محصولاتی که دراین مناطق قرار دارند، خیلی جذاب نخواهد بود. بنابراین، برای برنامه‌ریزی رشد سبز در این مناطق، نیاز به یک تغییر ساختاری است که زمان طولانی‌تر و بلندمدت‌تر در مقایسه با مناطق ۱ و ۲ لازم دارد.

۵. نتیجه گیری و پیشنهادها

در رشد سبز، بر رشد و توسعه اقتصادی همراه با حفظ پتانسیل های منابع طبیعی کشورها تأکید می شود که بر اساس آن، کشور با حفظ ارزش سرمایه های طبیعی و بدون آسیب رساندن به محیط زیست، ظرفیت های اقتصادی خود را گسترش می دهد تا به اهداف رشد اقتصادی همراه با رفاه اجتماعی دسترسی پیدا کند. اهمیت رشد سبز، به دلیل آن است که رشد اقتصادی (و افزایش اشتغال) همراه با کربن کم و کارآمدی منابع طبیعی اتفاق می افتد و در نتیجه آن، خطرات زیست محیطی و کمبودهای منابع طبیعی در اقتصاد در حال رشد، کاهش یافته و در عین حال، رفاه انسانی ارتقاء می یابد.

بنا بر نتایج تحقیق، انتخاب بخش‌های اقتصادی در هنگام سیاستگذاری با توجه به تقدم نوع هدف، متفاوت خواهد بود. در برخی موارد، انتخاب بخش می‌تواند با تحقق یک هدف، سبب دوری از سایر اهداف شود. چنانچه هدف، فقط افزایش رشد تولید در اقتصاد باشد، باید منابع مالی بیشتری برای تقویت تولید محصولات مواد غذایی، انواع وسیله نقلیه موتوری، محصولات از لاستیک و پلاستیک اختصاص داده شود. اما با توجه به یافته‌های این تحقیق، رشد تولید در وسیله نقلیه موتوری و محصولات از لاستیک و پلاستیک، نمی‌تواند متضمن تأمین استانداردهای زیست‌محیطی و فراهم‌کننده فرصت‌های شغلی در بخش انرژی باشد.

از سوی دیگر، چنانچه هدف کشور، ایجاد حداکثر فرصت شغلی در بخش انرژی باشد، بهتر است فعالیت های مربوط به تولید شیشه و محصولات شیشه‌ای، محصولات سرامیکی، گچ و آهک و سیمان، توسعه یابند؛ در حالی که توسعه این بخش‌ها، انتشار بالای دی اکسیدکربن را به دنبال دارد که باعث دور شدن از اهداف زیست محیطی خواهد شد.

بنابراین برای رسیدن به هدف رشد اقتصادی سبز، با در نظر گرفتن دو شاخص تولید و اشتغال، چهار منطقه برای بخش‌های مختلف تولیدی تعیین شده است. بخش‌های مربوط به تولید محصولات کشاورزی و دامی، خدماتی، محصولات غذایی، انواع کاغذ و محصولات کاغذی، انواع نخ و پارچه بافته

شده، همچنین انواع فرش و سایر کفپوش‌ها در منطقه ۱ قرار می‌گیرند که تأمین‌کننده اهداف رشد اقتصادی سبز هستند؛ چون میزان انتشار دی‌اکسیدکربن برای هر واحد رشد تولید و اشتغال درنتیجهٔ افزایش تقاضای نهایی این بخش‌ها، کمتر از سایر بخش‌ها است.

با توجه به تأمین اهداف رشد سبز، دولت می‌تواند با در نظر گرفتن تخفیف های مالیاتی و یارانه، توسعه فعالیت های اقتصادی در این بخش ها را مورد حمایت قرار دهد. طبق نتایج مقاله، به دلیل پتانسیل پایین رشد سبز در مناطق ۳ و ۴، به نظر می رسد که باید تغییرات ساختاری برای بخش‌هایی که در این مناطق قرار می‌گیرند، صورت گیرد. بخش حمل و نقل، یکی از بخش‌هایی است که در منطقه ۴ قرار می‌گیرد و کمترین پتانسیل رشد سبز را دارا می‌باشد. اگر چه رشد و توسعه، وابستگی زیادی به گسترش امکانات حمل و نقل دارد اما گسترش بدون برنامه‌ریزی و عدم توجه به عوارض جانبی گسترش این بخش، می‌تواند توسعه پایدار را با مخاطراتی مواجه سازد. بنابراین، الزام خودروسازها در جهت کاهش مصرف انرژی خودروهای تولیدی و بهبود کیفیت انرژی‌های مورد استفاده در بخش حمل‌ونقل، می‌تواند از گسترش عوارض جانبی ناشی از گسترش فعالیت‌های حمل‌ونقل بکاهد. فرهنگ‌سازی و گسترش استفاده از خدمات تجارت الکترونیک هم می‌تواند گام موثری در این زمینه تلقی شود.

برای دیگر بخش‌ها نیز می‌توان به استفاده از فناوری‌های پیشرفته تولید، به کارگیری تکنولوژی جذب و جدا سازی کربن در صنایع تولیدی به منظور کاهش انتشار دی اکسیدکربن، یا جایگزینی زغال سنگ با سوخت الکتریکی یا گاز طبیعی، بهبود فرایندهای تبدیل انرژی و افزایش سهم انرژی تجدیدپذیر در تولید، اشاره کرد.

اعطای مشوق‌های مالی، ایجاد صندوق حمایت مالی از انرژی تجدیدپذیر توسط دولت و ایجاد بستر و شرایط مناسب جهت توسعه صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، از جمله سیاست هایی است که می‌تواند به افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر در بخش انرژی کشور و تحقق رشد سبز کمک کند. همچنین با فراهم سازی شرایط نهادی و قانونی لازم برای همکاری‌های بین‌المللی و حمایت از سرمایه‌گذاران خصوصی، می توان ضمن جبران محدودیت مالی برای سرمایه گذاری های اولیه، به تحقق اهداف رشد سبز در کشور کمک کرد. در این راستا، حذف تدریجی یارانه انرژی فسیلی و هدایت درآمدهای حاصل از آن، به تأمین مالی پروژه تولید و توسعه انرژی های تجدیدپذیر و تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری و ایجاد تقویت همکاری‌های بین‌المللی جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، توصیه می‌شود.

منابع و مآخذ

آماده، حمید؛ قاضی، مرتضی و عباسی‌فر، زهره (۱۳۸۸). بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. *مجلهٔ تحقیقات اقتصادی*، ۴۴(۱): ۳۸-۱.

بزازان، فاطمه و خسروانی، ندا (۱۳۹۵). سنجش میزان انتشار دی اکسیدکربن توسط بخش‌های مختلف تولیدی و خانوارها ناشی از مصرف انرژی در ایران (رویکرد داده - ستانده زیست محیطی). *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، ۱(۱): ۲۵-۱.

ترازنامه انرژی ، وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی،۱۳۹۵.

ترازنامه انرژی ،وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی،۱۳۹۷.

ترازنامه هیدروکربوری در ترازنامه انرژی کشور، مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی، گروه مدیریت انرژی، ۱۳۹۵.

جدول داده - ستانده ۱۳۹۵. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

شریفی، نورالدین و دهقانپور وحید، سمیه (۱۳۹۵). اثرات زیست محیطی مصارف خانوارها با توجه به توسعه گاز رسانی: یک تحلیل داده - ستانده. *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، ۱(۱): ۶۳-۴۷.

فطرس، محمد حسن؛ براتی، جواد و رسول زاده، مریم (۱۳۹۳). تحلیل تجزیهٔ ساختاری انتشار دی اکسیدکربن (CO_2) صنعتی ایران با رویکرد داده – ستانده. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۰ (۴۱): ۱۵۲-۱۳۱.

گزارش مرکز پژوهش های مجلس(۱۳۹۵)،ماهیت بخش‌های اقتصادی ایران۳. سنجش مصرف انرژی و انتشار آلایندگی CO_2 دربخش های اقتصادی، دفتر مطالعات اقتصادی (گروه اقتصاد کلان و مدلسازی)، شماره ۱۵۲۴۴.

نصرالهی، زهرا؛ وصفی اسفستانی، شهرام و نوری زاده، سمیه (۱۳۹۳). ارزیابی زیست محیطی فعالیت های اقتصادی با استفاده از جدول داده - ستانده (یزد). *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، سال هشتم، شماره ۲: ۸۹-۷۵.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). طرح آمارگیری از کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). طرح آمارگیری از معادن درحال بهره برداری کشور.

مرکز آمار ایران، سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵.

وصفی اسفستانی، شهرام (۱۳۸۵). بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی، محیط زیست و انرژی با تأکید بر انتشار دی اکسید کربن (CO_2). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.

Acemoglu, D.; Aghion, P.; Bursztyn, Leonardo, & Hémous, David (2012). The environment and directed technical change. *American Economic Review*, *102*(1): 131-166.

Barbier, E. B. (2016). Is green growth relevant for poor economies?. *Resource and energy economics*, *45*: 178-191.

Bagheri, M.; Guevera, Z.; Alikarami, M.; Kennedy, Ch. A., & Doluweera, G. (2018). Green growth planning: A multi-factor energy input-output analysis of the Canadian economy. *Energy Economics*, *74*: 708-720.

Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. Springer Science & Business Media.

Burkander, P. (2009). An application of input-output analysis to pollution.

Cumberland, J.H. (1966). A regional inter-industry model for analysis of development objectives. *Papers of the Regional Science Association*, Vol. 17: 65-95.

Cruz, L.; Imori, D.; Ferreira, J. P.; Guilhoto, J. J.; Barata, E., & Ramos, P. (2019). Energy-Economy-Environment interactions: A comparative analysis of Lisbon and Sao Paulo metropolitan areas. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, *21*(01), 1950002.

Cellura, M.; Longo , S., & Misterta, M. (2011). The energy and environmental impacts of Italian Household consumptions: An input-output approch. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*: 3897-3908.

Chontanawat, J.; Hunt, L. C., & Pierse, R. (2006). *Causality between energy consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 non-OECD Countries* (No. 113). Surrey Energy Economics Centre (SEEC), School of Economics, University of Surrey.

Daneshvar, M. R. M.; Ebrahimi, M., & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: Facts and statistics. *Environmental Systems Research*, *8*(1): 1-10.

EPI (Environmental Performance Index). 2020 EPI Results. https://epi.yale.edu.

GGGI (Global Green Growth Institute). (2020). Measuring performance in achieving SDG targets. GGGI Technical Report No. 16. (Available at: https://greengrowthindex.gggi.org/).

Guevara, Z., & Domingos, T. (2017). The multi-factor energy input-output model. *Energy Econ*. *61*: 261-269.

Guevara, Z.; Molina-Pérez, E.; García, E. X., & Pérez-Cirera, V. (2019). Energy and CO_2 emission relationships in the NAFTA trading bloc: A multi-regional multi-factor energy input-output approach. *Economic Systems Research*, *31*(2): 178-205.

Guevara, Z., & Rodrigues, J.F.D. (2016). Structural transitions and energy use: A decomposition analysis of Portugal 1995-2010. *Econ. Syst. Res*. *28* (2): 202-223. https://doi.org/10.1080/09535314.2016.1157456.

Guo, L. L.; Qu, Y.; Wu, C. Y., & Wang, X. L. (2018). Identifying a pathway towards green growth of Chinese industrial regions based on a system dynamics approach. *Resources, Conservation and Recycling*, *128*: 143-154.

Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is green growth possible?. *New Political Economy*, *25*(4): 469-486.

International Energy Agency (2021). https://www.iea.org

IPCC (2020). Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kallis, G. (2017). Radical dematerialization and degrowth. *Philosophical Transactions of the Royal Society: A Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *375*(2095), 20160383.

Leontief, W. (1970). Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach. *Review of Economics and Statistics*, *52*(3): 262-271.

Loiseau, E.; Saikku, L.; Antikainen, R.; Droste, N.; Hansjürgens, B.; Pitkänen, K.; Leskinen, P.; Kuikman, P., & Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production 139*: 361-371.

Leontief, W., & D. Ford (1972). Air Pollution and Economic Structure: Empirical Results of Input-Output Computations. in A. Brody and A.P. Carter (eds.), Input-Output Techniques, American Elsevier, New York: 9-30.

Long, Y., & Yoshida, Y. (2018). Quantifying city-scale emission responsibility based on input-output analysis-Insight from Tokyo, Japan. *Applied energy*, *218*: 349-360.

Luukkanen, J.; Kaivo-Oja, J.; Vähäkari, N.; O'Mahony, T.; Korkeakoski, M.; Panula-Ontto, J.; ..., & Hogarth, N. (2019). Green economic development in Lao PDR: A sustainability window analysis of green growth productivity and the efficiency gap. *Journal of Cleaner Production*, *211*: 818-829.

Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.

OECD (2011). *Towards Green Growth*. OECD Publishing, Paris, OECD Green Growth Studies. https://doi.org/10.1787/9789264111318-en.

Ramos, C.; García, A. S.; Moreno, B., & Díaz, G. (2019). Small-scale renewable power technologies are an alternative to reach a sustainable economic growth: Evidence from Spain. *Energy*, *167*: 13-25.

REN21 (2016). Renewables Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). (ISBN 978-3-9818107-0-7, Retrieved April 10, 2017).

Sandberg, M.; Klockars, K., & Wilén, K. (2019). Green growth or degrowth? Assessing the normative justifications for environmental sustainability and economic growth through critical social theory. *Journal of Cleaner Production*, *206*: 133-141.

Sohag, K.; Taşkın, F. D., & Malik, M. N. (2019). Green economic growth, cleaner energy and militarization: Evidence from Turkey. *Resources Policy*, *63*, 101407.

Ward, J. D.; Sutton, P. C.; Werner, A. D.; Costanza, R.; Mohr, S. H., & Simmons, C. T. (2016). Is decoupling GDP growth from environmental impact possible?. *PloS one*, *11*(10), e0164733.

Wang, P. P.; Li, Y. P.; Huang, G. H.; Wang, S. G.; Suo, C., & Ma, Y. (2021). A multi-scenario factorial analysis and multi-regional input-output model for analyzing CO_2 emission reduction path in Jing-Jin-Ji region. *Journal of Cleaner Production*, *300*, 126782.

World Commission on Environment and Development (WCED) (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, UK.

World Bank. (2012). *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. The World Bank.

Vazquez-Brust, D.; Smith, A. M., & Sarkis, J. (2014). Managing the transition to critical green growth: The 'Green Growth State'. *Futures*, *64*: 38-50.

Van Der Ploeg, R., & Withagen, C. (2013). Green growth, green paradox and the global economic crisis. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *6*: 116-119.

Yu, Y.; Jiang, T.; Li, S.; Li, X., & Gao, D. (2020). Energy-related CO_2 emissions and structural emissions' reduction in China's agriculture: An input-output perspective. *Journal of Cleaner Production*, *276*: 124169.

Zhang, Y. J.; Bian, X. J.; Tan, W., & Song, J. (2015). The indirect energy consumption and CO_2 emission caused by household consumption in China: An analysis based on the input-output method. *Journal of Cleaner Production*, *163*: 69-83.