Policy Analysis of Intended Nationally Determined Contribution (INDC) Under the Paris Agreement for the Electricity Industry

Reza Akhbari
PhD candidate of international economics, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran
Alireza Shakibaei[1]
Associate Professor, Department of Economy, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran
Mehdi Nejati
Assistant Professor, Department of Economy, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran

(Received: 2021/04/23 -Accepted: 2021/09/22)

Abstract

The lack of a comprehensive model in the electricity industry for the quantitative analysis of the policy consequences adopted in the superior documents of this industry has made it difficult to evaluate policies. In this study, a dynamic general equilibrium model designed with the focus on the electricity industry & considering the Intended Nationally Determined Contribution (INDC) program as an superior document, the efficiency of strategies such as Foreign Direct Investment (FDI) & energy price increment - as an alternative strategy- to achieve the targeted amount of carbon were measured. The results showed that although FDI & rising energy prices can not achieve the goals, but it has positive effects on the output value of the industrial sector & the electricity industry particularly. Finally, in order to achieve the goal of emissions reduction & reducing the rebound effects of improving energy efficiency in the electricity sector, it is recommended that electricity prices be increased significantly for the private household.

Keywords

Policy Analysis, Dynamic General Equilibrium, Paris Agreement, Electricity Industry, Rebound ffect.

Copyright © 2022 The Authors. Published by Faculty of Law & Political Science, University of Tehran.
This Work Is licensed under a CreativeCommons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

1- Corresponding Author's Email: Ashakibaee@yahoo.com

فصلنامه سیاستگذاری عمومی، دوره ۷ ، شماره ٤ ، زمستان ۱٤۰۰ ، صفحات ۷۰-٤۹

مقاله پژوهشی

تحلیل سیاست‌های برنامه مشارکت ملی ذیل توافق پاریس در صنعت برق ایران

رضا اخباری

دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

علیرضا شکیبایی[1]

دانشیار اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مهدی نجاتی

دانشیار اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳۱)

چکیده

فقدان الگویی جامع در صنعت برق جهت تحلیل کمّی پیامدهای سیاست‌های اتخاذ شده در اسناد بالادستی این صنعت موجب شده امکان ارزیابی سیاست‌ها دشوار شود. در این مطالعه الگوی تعادل عمومی پویا با محوریت صنعت برق طراحی و با لحاظ برنامه مشارکت ملی (INDC) به عنوان سند بالادستی که در جهت اجرای توافق پاریس تصویب شده، کارآمدی سیاست‌هایی از قبیل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و افزایش قیمت انرژی –به عنوان سیاست جایگزین– به منظور دستیابی به سطوح انتشار کربن پیش‌بینی شده در برنامه مورد سنجش واقع شده است. نتایج نشان داد اگر چه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به میزان پیش‌بینی شده در برنامه و افزایش قیمت انرژی نمی‌تواند اهداف را محقق سازد اما اثرات مثبتی بر ارزش ستانده بخش صنعت و به طور خاص صنعت برق در پی دارد. در پایان توصیه می‌شود برای دستیابی به هدف کاهش انتشار و تقلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی در بخش نیروگاهی، قیمت برق به صورت معناداری برای خانوار خصوصی افزایش داده شود.

واژگان کلیدی: تحلیل سیاست، تعادل عمومی پویا، توافق پاریس، صنعت برق، اثر بازگشتی.

1- نویسنده مسئول Email: Ashakibaee@yahoo.com،

مقدمه

فقدان الگویی جهت ارزیابی پیامدهای اقتصادی اجرای سیاست‌های مرتبط با صنعت برق، حرکت در مسیر تعیین شده توسط اسناد بالادستی را با مشکلاتی همراه می‌سازد و نهایتاً پیشبرد برنامه‌های تدوین شده برای دستیابی به اهداف مندرج در اسناد بالادستی این صنعت با اختلال مواجه می‌شود. توافق‌نامه پاریس و طرح جامع انرژی کشور، ۲ نمونه از اسناد بالادستی صنعت برق محسوب می‌شود که ضرورت طراحی الگویی جامع جهت بررسی پیامدهای اقتصادی ناشی از اجرای سیاست‌های ذیل هر کدام از این اسناد را توجیه می‌کند. در ادبیات سیاستگذاری عمومی، مدلی تحت عنوان چرخه سیاست وجود دارد که به عنوان یکی از شناخته شده‌ترین روش‌ها در بررسی سیاست‌های عمومی محسوب می‌شود. این الگو توسط صاحب‌نظران متعددی برای تشریح فرآیند سیاستگذاری عمومی مورد استفاده واقع شده است (Malek Mohammadi, 2015). در مدل چرخه سیاست، شش مرحله دستور کار، تدوین سیاست، اجرای سیاست، ارزیابی سیاست، تغییر سیاست و پایان سیاست تعریف می‌شود. اگر به عنوان مثال دستور کار برای سیاستگذار، تهیه برنامه مشارکت ملی در راستای اجرای توافق پاریس تعریف شود؛ در این چرخه، ارزیابی و تحلیل سیاست هم در مرحله تدوین و هم در مرحله چهارم از این فرآیند صورت می‌پذیرد. وجه تمایز میان تحلیل سیاست در این دو مرحله از چرخه مذکور به موضوع دریافت پیامدها باز می‌گردد. در مرحله تدوین از روش‌هایی شامل شبیه سازی استفاده شده تا پیش از اجرای سیاست، پیامدهای احتمالی سنجیده شود در حالی که در مرحله چهارم و پس از اجرایی شدن، ارزیابی سیاست بر اساس پیامدهای عینی صورت می‌پذیرد. هدف این مطالعه، ارزیابی سیاست‌های برنامه مشارکت ملی (INDC) ذیل توافق پاریس برای صنعت برق تعریف شده و لازم به ذکر است که از زمان تصویب این برنامه در هیئت وزیران[1] حدود شش سال می‌گذرد اما اطلاعاتی پیرامون اجرایی شدن آن منتشر نشده است. با توجه به اینکه از یک سو سیاست‌های موجود در این برنامه از مرحله تدوین گذشته و از سوی دیگر هنوز پیامدهای آن منتشر نشده، تحلیل سیاست صورت گرفته در این مطالعه می‌تواند به سیاستگذار در جهت رفع ایرادات احتمالی موجود در سیاست تدوین شده یاری رساند. موافقت‌نامه پاریس در بیست و یکمین اجلاس کنوانسیون تغییرات اقلیم سازمان ملل متحد (UNFCCC[2]) در پاریس به تائید اولیه کشورهای حاضر از جمله ایران رسید. هدف بلندمدت این توافق به صفر رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان‌ساخت از طریق به صفر رساندن مصرف منابع انرژی مانند نفت و گاز تعریف شده است. ایران این پیمان را در ۲۲ آوریل سال ۲۰۱۶ میلادی امضا کرد. اول ژانویه سال ۲۰۲۰ میلادی سال آغاز برنامه‌های مصوب در این پیمان و برنامه مشارکت ملی (INDC[3])

---

۱ – در جلسه ۱۳۹٤/۸/۲۰ هیأت وزیران به تصویب رسید. شماره ۱۱۲٤۱۱/ت۵۲۵۱۳ه

2 - United Nation Framework Convention on Climate Change

3 - Intended Nationally Determined Contribution

مصوب هر کشور تعیین شد. پیش از امضای توافقنامه پاریس، INDC در تاریخ ۱۵ مهرماه ۱۳۹٤ (معادل ۷ اکتبر ۲۰۱۵ میلادی) توسط هیئت وزیران تصویب و به کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد ارسال شد. بر اساس مصوبه هیئت وزیران، این برنامه از ابتدای سال ۲۰۲۰ میلادی آغاز و تا پایان دسامبر ۲۰۳۰ میلادی ادامه می‌یابد. جمهوری اسلامی ایران در این برنامه، تمایل خود را به مشارکت در کاهش انتشار کل گازهای گلخانه‌ای ابراز داشته به شکلی که میزان انتشار در پایان برنامه به اندازه ٤ درصد نسبت به سال پایه (۲۰۱۰) کاهش یابد. در برنامه بر افزایش کارایی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده و همچنین جایگزینی سوخت‌های معمول پایه کربن با گاز طبیعی، تأکید شده است. در سند مصوب هیئت وزیران ذکر شده که با توجه به سهم بالای بخش انرژی در انتشار (بیش از ۹۰ درصد) و به تبع آن پتانسیل بالای این بخش در کاهش انتشار، عمده نیازهای فناوری معطوف به افزایش راندمان شبکه نیروگاهی کشور است. در این برنامه برای حصول به هدف کاهش ٤ درصدی در انتشار، نیاز به حدود ۱۷/۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری پیش‌بینی شده است. این رقم در خصوص کل برنامه (کاهش مشروط یعنی کاهش ۸ درصدی انتشار به همراه کاهش غیر مشروط) بالغ بر ۵۲/۵ میلیارد دلار برآورد شده است. در این بین یک چالش وجود دارد. با توجه به نقش پررنگ بهبود کارایی انرژی در کاهش انتشار که مورد تأیید مطالعات تجربی نیز قرار دارد (Sharekian & Lotfalipour, 2016)، در INDC بهبود کارایی انرژی در تولید برق به منظور کاهش انتشار مطرح شده اما مقدار بهینه آن تعیین نشده است. البته در افزایش کارایی بایستی وجود اثر بازگشتی[1] مورد توجه واقع شود چرا که می‌تواند اثر مثبت حاصل از بهبود کارایی را در کاهش انتشار خنثی سازد (Wei & Liu, 2017; Koesler et al, 2016; Lu et al, 2017). با کمک شبیه‌سازی در چهارچوب الگوی تعادل عمومی پویا، می‌توان پیامد سیاست‌هایی مانند افزایش کارایی در تولید برق به واسطه افزایش سرمایه‌گذاری را پیش از اجرا ارزیابی کرد. بنابراین ضرورت طراحی الگویی جامع که ابعاد مختلف صنعت برق و ارتباطات بخش‌های مختلف اقتصادی را شامل شده و شبیه‌سازی سیاستگذاری در این صنعت و در طول سال‌های متمادی را به صورت کمّی ممکن سازد، توجیه می‌شود. طراحی این الگو به صورت پویا، امکان شناسایی مسیر حرکت متغیرها میان تعادل اولیه و تعادل پس از اعمال سیاست و در قالب وارد آمدن شوک را فراهم می‌کند و در نهایت منجر به تقویت نهاد برنامه‌ریزی و سیاستگذاری در صنعت برق خواهد شد. برای بررسی روند دستیابی به اهداف برنامه ملی کاهش انتشار (INDC) بازه‌ای ۱۵ ساله در نظر گرفته شده تا نتایج سناریوهای طراحی شده جهت کاهش انتشار در بازه زمانی بلندمدت‌تری تحلیل شود. با توجه به توضیحات فوق، این تحقیق به دنبال پاسخ‌گویی به دو سؤال زیر است:

1 - Rebound Effect

سوال ۱ – آیا سرمایه‌گذاری پیش‌بینی شده در اسناد بالادستی و در قالب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی که می‌تواند به دنبال خود بهبود کارایی انرژی را نیز به همراه داشته باشد، به کاهش ٤ تا ٨ درصدی انتشار کربن منجر می‌شود؟

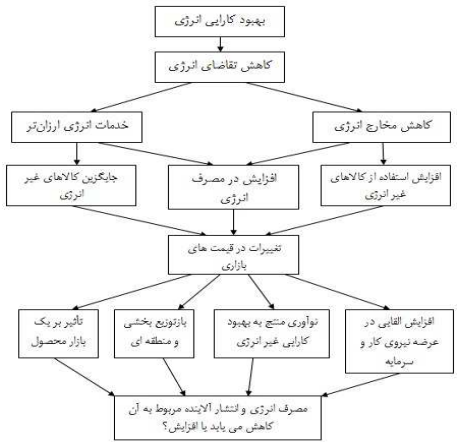
سوال ۲ – در پی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی معادل میزان پیش‌بینی شده در اسناد و افزایش قیمت انرژی به عنوان سیاستی جایگزین برای بهبود کارایی انرژی، چه تغییراتی در GDP، ارزش افزوده بخش صنعت به طور کل و صنعت برق و میزان مصرف برق رخ می‌دهد؟

در ادامه پس از ارائه مبانی نظری پیرامون تأثیر کارایی انرژی بر انتشار و مفهوم اثر بازگشتی به مرور مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی بهبود کارایی پرداخته شده است. در بخش روش‌شناسی نحوه محاسبه اثر بازگشتی و الگوی تعادل عمومی پویا با محوریت صنعت برق معرفی شده و در نهایت با طراحی پنج سناریو در بخش نتایج تجربی و توصیه‌های سیاستی، پیامدهای بهبود کارایی انرژی در این صنعت تحلیل و پاسخ سؤالات تحقیق ارائه می‌شود.

مبانی نظری

در این تحقیق با افزایش کارایی انرژی که از کانال‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و افزایش قیمت انرژی روی می‌دهد، وضعیت انتشار کربن و برخی متغیرهای منتخب اقتصادی به منظور ارزیابی مسیر حرکت به سمت اهداف ذکر شده در INDC تحلیل می‌شود. بدین منظور ابتدا مبانی نظری مربوط به کارایی انرژی و ارتباط آن با سرمایه‌گذاری، ارائه شده و سپس رابطه منطقی میان قیمت انرژی و کارایی انرژی توضیح داده می‌شود. کارایی انرژی به طور معمول به مقدار ستانده تولید شده با استفاده از یک واحد نهاده انرژی اطلاق می‌شود و می‌تواند با شاخص‌های متنوعی اندازه‌گیری شود (Patterson, 1996: 377). در علم اقتصاد، کارایی انرژی معمولاً با بهره‌وری انرژی اندازه‌گیری می‌شود. بهره‌وری انرژی تنها به نهاده انرژی وابسته نیست بلکه سایر نهاده‌ها از قبیل نیروی کار و سرمایه و بهره‌وری آن‌ها بر بهره‌وری انرژی تأثیرگذار است. بنابراین بهره‌وری یا کارایی انرژی نهایی به عنوان ستانده اضافی تولید شده به ازای یک واحد نهاده انرژی اضافه شده با فرض ثبات سایر موارد، تعریف می‌شود (Wei & Liu, 2017: 2). به طور خاص سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی به منظور ارتقای آن و در قالب ابزارآلات و ماشین-آلات با کارایی بالاتر می‌تواند منجر به سطح تولیدی مشابه با گذشته اما با مصرف انرژی پایین‌تر شود. همچنین با سرمایه‌گذاری فوق، تقاضا برای دیگر کالاها و خدمات از قبیل فولاد، حمل و نقل و خدمات فروشگاهی افزایش می‌یابد و بنابراین اقتصاد می‌تواند به واسطه سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی، رشد یابد (Wu et al, 2019). اثر بازگشتی به عنوان پیامد منفی بهبود کارایی، زمانی نمایان می‌شود که بهبود کارایی انرژی با کاهشی کمتر از مقدار افزایش کارایی و یا حتی با افزایش در مصرف مقدار مطلق انرژی به واسطه افزایش ظرفیت یا افزایش دفعات بکارگیری تجهیزات

مصرفی، همراه شود (Giraudet et al, 2012: 426-427). با افزایش کارایی، تولیدکننده به انرژی کمتری در فرآیند تولید نیاز دارد، به این معنا که هزینه کل تولید خدمات انرژی کاهش می‌یابد. در نتیجه قیمت خدمات انرژی کاهش یافته و فشار تقاضای بیشتری را برای این خدمات ایجاد می‌کند. این افزایش در تقاضا با عنوان اثر بازگشتی شناسایی می‌شود و می‌تواند برخی از اثرات بهبود کارایی – از قبیل کاهش انتشار کربن و کاهش مصرف انرژی– را خنثی نماید (Lee et al, 2020).



شکل ۱ – مکانیسم اثر بازگشتی اقتصادی. منبع: (Wei & Liu, 2017: 4).

اثر بازگشتی از دیدگاه‌های مختلف به سطوح متفاوت تفکیک می‌شود. مرور مطالعات قبلی (از جمله Broberg et al, 2015) نشان می‌دهد که دسته‌بندی‌های متعددی برای بررسی اجزای این اثر وجود دارد. وی و لیو (2017) با تفکیک اثر بازگشتی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم و ارائه تعریفی جدید از این دو اثر، آن‌ها را به تغییرات در مصرف انرژی مربوط به هر بخش (به طور خاص بخش خانوار) مرتبط کرده به نحوی که هیچ تأثیری بر سایر بخش‌ها و قیمت‌های دیگر بازارها ندارد. همچنین اثر بازگشتی کلان اقتصادی[1] را به عنوان اثری معرفی کرده‌اند که در سطح منطقه‌ای یا جهانی به دلیل پیوندهای بین بخشی و تغییرات در قیمت‌های بازاری به واسطه بهبود کارایی انرژی روی داده است. بنابر تعریف ژنگ و لاول (2017) اثر بازگشتی کلان اقتصادی، اثر افزایش در کارایی انرژی بر تقاضای انرژی کل و پس از آنکه بازارها تعدیل شده و مجدداً به تعادل می‌رسند را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به سناریوهای تعریف شده در این تحقیق، آنچه به عنوان اثر بازگشتی مورد اشاره قرار می‌گیرد به تعریف وی و لیو (2017) و ژنگ و لاول (2017) نزدیک‌تر است زیرا این اثر در سطح بخش نیروگاهی و بخش تولید کالاهای

1 - Macroeconomic Rebound Effect

قابل مبادله و کل اقتصاد تحلیل می‌شود. در مورد نحوه عکس‌العمل کارایی انرژی به تغییرات در قیمت انرژی مطالعات متعددی صورت گرفته که از جمله آن‌ها می‌توان به دارگای و گیتلی (1995)، گیتلی و هانتینگتن (2002)، هانتینگتن (2006) و آدیمی و همکاران (2010) اشاره کرد. این مطالعات، اثرات قیمت انرژی را بر تقاضای انرژی مد نظر قرار داده و نشان می‌دهند در دوره‌هایی که قیمت انرژی بالاست، کارایی انرژی به واسطه نصب تکنولوژی‌های انرژی اندوز و تغییر رفتار کارگزاران افزایش یافته است. ارتباط هم جهت میان قیمت انرژی و کارایی انرژی به دلیل کاهش هزینه‌ها هم از سوی تولیدکننده‌ای که از انرژی به عنوان نهاده بهره‌برداری می‌کند قابل مشاهده است و هم در سمت مصرف کننده‌ای که از خدمات انرژی بهره می‌برد. بر این اساس، انتظار می‌رود با شوک مثبت قیمت انرژی، کارایی انرژی افزایش یابد.

پیشینه تحقیق

مرور مطالعات داخلی نشان می‌دهد که تا کنون هیچ الگوی تعادل عمومی –چه ایستا و چه پویا– با هدف ارزیابی آثار سیاست‌های مرتبط با صنعت برق و در نتیجه با محوریت این صنعت طراحی نشده، در حالی که بررسی مطالعات خارجی، کاربرد انواع الگوهای CGE ایستا و پویا پیرامون برنامه‌ریزی و ارزیابی پیامدهای اعمال سیاست‌های مرتبط با صنعت برق را آشکار می‌سازد. در ادامه ابتدا مطالعات داخلی که بحث بهبود کارایی انرژی و پیامدهای آن را در قالب اثر بازگشتی و در بخش‌های مختلف اقتصاد مورد بررسی قرار داده‌اند مرور می‌شود و سپس مطالعات خارجی مرتبط با موضوع تحقیق ارائه می‌گردد. شرزه‌ای و ابراهیم‌زادگان (2011) با اشاره به اینکه افزایش کارایی انرژی به عنوان یکی از جنبه‌های پیشرفت تکنولوژی، از ابزارهای اصلی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار کربن به شمار می‌رود، اثر بازگشتی مرتبط با بهبود کارایی انرژی بر مصرف خانوار ایرانی و انتشار کربن را مورد برآورد قرار دادند. در این مطالعه، فرض شده پیشرفت تکنولوژی برون‌زا است و طی سه سناریو و با استفاده از شبیه‌سازی افزایش کارایی انرژی (به میزان ۲۰، ۳۰ و ٤٠ درصد) و تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل، اثر بازگشتی برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد، اثر بازگشتی تقریباً ۹۸ درصد است بدین معنا که بهبود کارایی اثری بسیار جزئی بر کاهش انتشار و تقاضای انرژی دارد و تنها زمانی که افزایش کارایی با نرخ های بسیار بالا اتفاق افتد می‌توان انتظار کوچک شدن اثر بازگشتی را داشت. سلیمانیان و همکاران (2017) با استفاده از الگوی تعادل عمومی پویای بین زمانی به ارزیابی اثرات بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی‌بر پرداخته‌اند. این شبیه‌سازی برای دوره ٦٠ ساله و در دو سناریوی بهبود کارایی به میزان ۳/۱ درصد برای صنایع انرژی‌بر و برای تمامی بخش‌ها انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی‌بر به ایجاد اثرات بازگشتی و کاهش تقاضای سوخت فسیلی در سناریوی اول منجر می‌شود، در حالی که بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در سناریوی دوم به ایجاد اثرات بازگشتی در سال‌های

نخست منجر می‌شود و تقاضای سوخت‌های فسیلی در بلندمدت افزایش می‌یابد. سلیمانیان و همکاران (2018) با کمک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه به ارزیابی اثرات بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی، برق و نهاده انرژی در صنایع انرژی‌بر پرداختند. آن‌ها با شبیه‌سازی دو سناریو بهبود کارایی برای تمامی بخش‌ها و صنایع انرژی‌بر نشان دادند که در پی بهبود کارایی برق، سوخت‌های فسیلی و نهاده انرژی، اثرات بازگشتی قابل ملاحظه‌ای در صنایع انرژی بر مثل محصولات شیمیایی و فلزات اساسی نمایان می‌شود به طوری که این اثرات پس از بهبود کارایی برای صنایع انرژی‌بر به ترتیب برابر با ٦٣، ٨٤ و ٧٢ درصد بوده و این مقادیر در مورد تمامی بخش‌ها به ترتیب عبارت است از ٧٩، ٩٤ و ٩٢ درصد. رفیعی و همکاران (2019) با ارائه الگوی نظری برای تجزیه اثرات بازگشتی و محاسبه آن در فعالیت‌های مختلف با استفاده از الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه و داده‌های ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰، نشان دادند اثر بازگشتی برای افزایش یک درصدی کارایی برق و سوخت‌های فسیلی به ترتیب ۹۰/۱ و ۷۲/۸ درصد است. همچنین با توجه به اینکه هزینه انرژی سهم پایینی از مخارج خانوار را تشکیل داده و در نتیجه افزایش کارایی واکنش زیادی را از سوی خانوار به دنبال ندارد، اثرات بازگشتی سراسری نیز در همین حدود برآورد شده است. نهایتاً نتیجه‌گیری شده که به علت بالا بودن اثرات بازگشتی، اثرگذاری سیاست افزایش کارایی بر کاهش مصرف انرژی محدود می‌شود. بروبرگ و همکاران (2015) به منظور ارزیابی اندازه اثر بازگشتی کل در بخش صنعت از اقتصاد سوئد، یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه طراحی و سه سناریو شامل افزایش ۵ درصدی در کارایی انرژی در تمام صنایع تولید کننده کالاها و خدمات، افزایش ۵ درصدی در کارایی انرژی در تمامی صنایع به جز صنایع برق، گاز و نیروگاه های حرارتی و افزایش ۵ درصدی در کارایی انرژی در صنایع انرژی بر از قبیل معدن، فرآورده های معدنی، صنعت کاغذ، صنایع شیمیایی، آهن، فولاد و فلزات را شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که در پی بهبود ۵ درصدی کارایی انرژی در صنایع سوئد، اثر بازگشتی در محدوده ٤٠ تا ٧٠ درصد متغیر خواهد بود. وقتی بهبود کارایی در بخش صنایع انرژی بر روی می‌دهد بالاترین اثر بازگشتی مشاهده می‌شود. وی و لیو (2017) اثر بازگشتی و انتشار آلاینده مربوط به آن را با کمک الگوی CGE در سطح جهانی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با کمک این الگو و طراحی سناریویی که بر اساس آن کارایی انرژی افزایش می‌یابد، نتایج را با وضعیتی تحت عنوان ادامه روند موجود (BAU[1]) مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاکی از اثر بازگشتی بسیار بزرگ بود به طوری که اثری ۷۰ درصدی بر مصرف انرژی و اثر ۹۰ درصدی بر انتشار آلاینده در سال ۲۰٤۰ و در سطح جهانی به دنبال داشته است.

لو و همکاران (2017) اثر بازگشتی مربوط به انواع مختلف انرژی در چین را با کمک الگوی CGE ایستا شناسایی کردند. آن‌ها با لحاظ دو نوع بستار کوتاه‌مدت و بلندمدت (که فرض تحرک سرمایه به سمت بخش‌هایی با بازدهی بالاتر لحاظ شده) و بهبود کارایی انرژی به اندازه ۵ و ۱۰

1 - Business As Usual

درصد برای هر یک از پنج نوع کالای انرژی، اثر بازگشتی را هم در سطح تولید و هم در سطح کل برای هر نوع انرژی اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد بهبود کارایی انرژی در استفاده از برق در مقایسه با دیگر انرژی‌ها بزرگترین اثر مثبت را بر GDP داشته است. اندرسون و همکاران (2019) با کمک یک الگوی هیبریدی متشکل از یک الگوی CGE و یک الگوی پایین به بالا (BU) به تحلیل سیاست مرتبط با کارایی انرژی در دانمارک پرداختند. بهبود کارایی انرژی در صنعت به عنوان محرک اصلی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از کانال استفاده کمتر سوخت-های فسیلی معرفی می‌شود. به نحوی که بهبود کارایی انرژی می‌تواند موجب کاهش ۵ درصدی در مصرف انرژی صنعتی نهایی در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال پایه شود. لی و همکاران (2020) به ارزیابی اثرات سیاست‌های آب و هوایی در بخش صنعت کره جنوبی با لحاظ اثرات بازگشتی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بدون لحاظ اثر بازگشتی، در پی بهبود کارایی تکنولوژیکی میزان انتشار کربن به اندازه ۲۳/۸ میلیون تن کاهش یافته و البته با لحاظ اثرات بازگشتی این رقم به ۱۲/۷ میلیون تن رسیده است.

روش‌شناسی

در این بخش نحوه محاسبه اثر بازگشتی و ساختار الگوی تعادل عمومی پویای مورد استفاده به منظور تحلیل سیاست‌های پیش بینی شده در INDC در قالب پنج سناریو تشریح می‌شود. حل الگوی تعادل عمومی پویا با برنامه Rundynam 1.36 انجام شده که یکی از بسته‌های نرم‌افزاری موجود در برنامه GEMPACK است.[۲]

نحوه محاسبه اثر بازگشتی

با توجه به اینکه تحقیق حاضر وضعیت انتشار کربن و برخی متغیرهای اقتصادی منتخب را در پی بهبود کارایی به واسطه وقوع FDI و افزایش قیمت حامل های انرژی در بخش نیروگاهی و برق مصرفی بخش تولید کالاهای قابل مبادله مورد سؤال قرار می‌دهد، برای محاسبه اثر بازگشتی از روشی مشابه با ژو و همکاران (2018) که در مطالعه لو و همکاران (2017) نیز به کار گرفته شده، استفاده می‌شود. آن‌ها از یک الگوی CGE برای تجزیه اثر بازگشتی کلان اقتصادی[۳] در سطح ۱۳۶ بخش تولیدی و پنج جزء تقاضای نهایی در چین بهره بردند. آثار بازگشتی مورد بررسی در مطالعه آن ها مربوط به پیامد بهبود کارایی در مصرف پنج نوع انرژی است که مقدار آن برای هر کدام از این پنج نوع اندازه‌گیری شده است. آن‌ها اثر بازگشتی کلان اقتصادی (یا سراسری)، R، را با فرض بهبود کارایی، γ، به صورت زیر تعریف می‌کنند.

1 - Bottom-up

۲ – کدنویسی مربوط به حل الگوی تعادل عمومی پویا در نرم افزار یاد شده، قابل ارائه است.

3 - Economy-Wide Rebound Effect

$$R=\left[1+\frac{\dot{E}}{\gamma}\right]\times 100 \qquad (۱)$$

که $\dot{E}$ درصد تغییر در مصرف انرژی در واکنش به بهبود کارایی انرژی، γ، است. اگر R=0 باشد آنگاه اثر بازگشتی وجود ندارد و به عنوان مثال اگر R=20% باشد آنگاه ۲۰ درصد از صرفه‌جویی انتظاری انرژی با مکانیسم اثر بازگشتی خنثی می‌شود. زمانی که R>1 است، اثر بازگشتی به لگد وارد شده در اثر شلیک تفنگ به فرد[1]تشبیه شده که در پی آن اثرات مثبت بهبود کارایی به عقب رانده می‌شود. اگر R منفی شود بدین معناست که در مصرف انرژی صرفه‌جویی اتفاق افتاده است.

اگر γ مربوط به بخش خاصی از اقتصاد و مثلاً بخش‌های تولیدی باشد به این معنا که بهبود کارایی تنها در سمت تولید رخ داده، اثر بازگشتی کلان اقتصادی بایستی به صورت زیر محاسبه شود:

$$R=\left[1+\frac{\dot{E}}{\alpha\gamma}\right]\times 100 \qquad (۲)$$

که α سهم مصرف انرژی است که تحت تأثیر بهبود کارایی واقع شده و به عنوان سهم اولیه مصرف انرژی در بخش صنعتی از کل مصرف انرژی در اقتصاد، $\frac{E_p}{E}$، اندازه‌گیری می‌شود. اندیس p نشان‌گر بخش تولیدی است و در مطالعه ژو و همکاران (۲۰۱۸) شامل j=1,…,135 بخش تولیدی می‌شود. به طور مشابه اثر بازگشتی سراسری به واسطه بهبود کارایی در یک بخش به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$R=\left[1+\frac{\dot{E}_j}{\gamma}\right]\times 100 \qquad (۳)$$

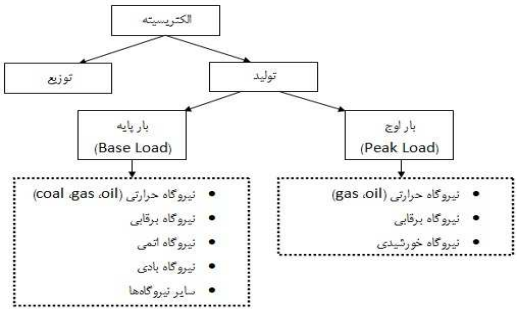
که $\dot{E}_j$ تغییر در مصرف انرژی در بخش j است. در واقع $\dot{E}_j$ تمامی واکنش‌های بنگاه‌ها در مورد مصرف انرژی در بخش jام را نشان می‌دهد. بنابراین این مقدار عبارت است از اثر بازگشتی تعادل عمومی که در سطح بخش تعریف شده و با اثر بازگشتی بخشی شناخته می‌شود.

چهارچوب الگوی CGE پویای بازگشتی

الگوی GTAP-E-Power تعمیمی از الگوی GTAP-E محسوب می‌شود که انتشار آلاینده کربن را پوشش داده و شامل تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای جهت تولید الکتریسیته است که در تحلیل سیاست‌های مرتبط با تغییرات آب و هوا و انرژی تأثیرگذار می‌باشد. نونگ (2020) الگوی GTAP-E-PowerS (که تعمیمی از الگوی GTAP-E-Power محسوب می‌شود) را معرفی می‌کند که در آن ساختار بازار کربن به منظور ارزیابی دقیق‌تر سیاست‌های مرتبط با تغییر آب و هوا،

1 - Backfire

بازطراحی شده است. برای حصول به نتیجه‌ای دقیق‌تر، سطوح انتشار دیگر آلاینده‌ها علاوه بر دی اکسید کربن به الگو افزوده شده که خود سبب اصلاح برآورد کمتر از حد واقعی اثرات سیاست‌های مرتبط با تغییر آب و هوا می‌شود. به واسطه وارد کردن آلاینده‌های دیگر علاوه بر کربن، بخش‌های مختلف اقتصاد هزینه‌های بالاتری بابت سطوح انتشارشان متحمل خواهند شد که در مقایسه با حالتی که تنها انتشار کربن لحاظ شده، منجر به تحمیل هزینه‌های بالاتری به اقتصاد می‌شود. الگوی GTAP-E-PowerS از نوع ایستا بوده و ساختار تولید و مصرف مشابهی با الگوی GTAP-E-Power دارد و تفاوت این الگو نیز با الگوی GTAP-E در طراحی خاص بخش الکتریسیته است که در تصویر (۱) ارائه شده. الگوی مورد استفاده در این تحقیق فرم پویایی از الگوی نونگ (۲۰۲۰) محسوب می‌شود و وجه تمایز آن در همین پویایی نهفته است.



شکل زیر چهارچوب بخش الکتریسیته را در این الگو تشریح می‌کند.

شکل ۲ – ساختار تولید برق در الگوی GTAP-E-PowerS.

بار پایه[1] و بار اوج[2] هر کدام با استفاده از نهاده‌های مختلف تولید می‌شود. مطابق شکل (۲) بار پایه در نیروگاه‌های حرارتی، برقابی، اتمی، بادی و سایر با استفاده از نهاده‌های خاص هر نیروگاه مانند نورخورشید، گاز، سوخت مایع و ... تولید می‌شود. در سوی دیگر بار اوج در نیروگاه‌های حرارتی، برقابی و خورشیدی تولید می‌شود. از آن‌جایی که بار پایه و بار پیک برای اهداف متفاوتی، از قبیل ساعات خاصی از شبانه روز یا فصولی خاص، مصرف می‌شود، جانشینی میان این دو کالای مرکب وجود ندارد. معادلات مربوط به بخش خانوار و دولت مشابه با الگوی GTAP-E است که در مطالعه اخباری و همکاران (2019) با جزئیات ارائه شده و به منظور تلخیص بحث از ذکر مجدد آن‌ها خودداری می‌شود. تفاوت‌های موجود در الگوی حاضر در دو مورد خلاصه می‌شود؛ (۱) درخت تولید و کالای مرکب سرمایه–انرژی و (۲) پویایی الگو. پیرامون تفاوت اول باید توجه داشت که تصویر (۱) جانشین شاخه الکتریسیته در زیر مجموعه

1 - Base Load (BL)
2 - Peak Load (PL)

کالای مرکب سرمایه–انرژی مربوط به الگوی GTAP-E شده است.[1] در مورد دومین تفاوت لازم است مفهوم الگوی پویای بازگشتی که در این مطالعه به کار گرفته شده تشریح شود.[2] در چهارچوب الگوی پویای بازگشتی محاسبه‌پذیر، به طور معمول مفهومی از یک دوره زمانی وجود دارد و یک پایگاه داده مفروض به آن متصل است. انجام شبیه‌سازی، پایگاه داده را با کمک نتایج شبیه‌سازی که تغییرات بین دوره اولیه و دوره بعدی را نشان می‌دهد، به دوره زمانی بعدی می‌برد. در چنین چهارچوبی، این پایگاه داده می‌تواند شامل نمایشی از اقتصاد در دوره فعلی، همراه با برخی از داده‌های اضافی مربوط به دوره بعدی باشد. داده‌های اضافی نیز می‌تواند تنها طول دوره باشد یا به عنوان مثال مقادیر انباشته‌ای از چند متغیر در آغاز دوره بعدی را شامل شود (Ianchovichina & Walmsley, 2012). فرم طراحی شده پویای بازگشتی الگوی GTAP-E-powerS، الگوی استاندارد GTAP (Hertel,1997) را به منظور لحاظ تحرک بین المللی سرمایه، انباشت سرمایه و نظریه انتظارات تطبیقی در مورد سرمایه‌گذاری، تعمیم داده است. در الگوی استاندارد GTAP و تعمیم‌های غیر پویای آن از جمله GTAP-E و GTAP-E-powerS، سرمایه فقط می‌تواند میان صنایع در یک منطقه جابجا شود و نه در میان مناطق. این عدم جابجایی میان مناطق، مانع از تحلیل شوک‌هایی می‌شود که انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در مناطق مختلف را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابر تعریف بابیکر و همکاران (2009)، در الگوی پویای بازگشتی تصمیمات در مورد تولید، مصرف و سرمایه‌گذاری تنها بر مبنای قیمت‌های دوره تصمیم‌گیری اتخاذ می‌شود. سرمایه‌گذاری‌ها به شکلی انجام می‌شود که گویی هزینه‌های نهاده و قیمت‌های ستاده در آینده بدون تغییر خواهد ماند. در این فرم از پویایی، پس‌اندازها و مصرف کل سهم‌های ثابتی از درآمد هستند و بنابراین مصرف‌کننده پس‌انداز و مصرف خود را بر مبنای انتظارات از بازدهی‌های آتی سرمایه‌گذاری یا بر مبنای انتظارات از تغییرات در قیمت کالاها و خدمات مصرفی در آینده تغییر نمی‌دهد. در فرم پویای بازگشتی یک مسیر زمانی دنبال و مرتباً یک مدل ایستای تک‌دوره‌ای در طی زمان حل می‌شود. ابتدا این مدل برای یک دوره پس از شوک مانند مدل ایستا حل شده و سپس تمام متغیرهای حل شده به عنوان متغیرهای اولیه دوره بعد به کار گرفته و مدل دوباره حل می‌شود و الی آخر. ذخیره سرمایه در طول زمان به دلیل تغییر پس‌اندازها در یک دوره رشد می‌کند و پس از کسر استهلاک، عاملی برای ذخیره سرمایه‌ی دارای بهره‌وری در دوره بعد می‌شود. فرض می‌شود تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان تصمیمات کوتاه‌مدت می‌گیرند. آن‌ها در دوره جاری هزینه‌ها را حداقل یا مطلوبیت را حداکثر می‌کنند و فرض می‌شود که شرایط جاری اقتصاد بر تمام دوره‌های آتی مسلط است. جواب‌ها در این الگو با وارد کردن شوک به متغیرهای انباشت، مثل ذخیره سرمایه، بدهی[3] و جمعیت، در یک دوره تعیین و تغییرات سال به سال آن‌ها

---

۱ – برای مطالعه بیشتر در مورد درخت تکنولوژی الگوی GTAP-E به اخباری و همکاران (۱۳۹۸) مراجعه شود.

۲ – برای ملاحظه روابط ریاضی بخش پویای الگوی تعادل عمومی به Ianchovichina & Walmsley (2012) صفحات ۲۰ تا ٥٤ مراجعه شود.

3 - Debt

بدست می‌آید. این فرآیند با عنوان شبیه‌سازی مقدار حرکت[1]شناخته می‌شود. اگر داده‌های مربوط به سال پایه (یا همان سال ابتدایی) دلالت بر عدم وجود حالت پایا[2]در اقتصاد داشته باشد، آنگاه این فرآیند می‌تواند برای بدست آوردن مسیر حرکت[3]تمامی متغیرها مورد استفاده قرار گیرد (Pant, 2002).

نتایج تجربی

مطابق با مبانی نظری بهبود کارایی از دو کانال افزایش سرمایه‌گذاری خارجی و تغییر قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند حاصل شود. بر این اساس در ادامه مقادیر مربوط به شوک سرمایه و افزایش قیمت انرژی تعریف شده و سپس در هر مورد سناریوهایی منطبق بر سیاست‌های موجود در اسناد بالادستی به منظور دستیابی به اهداف تعیین شده ارائه می‌شود. پیش‌بینی می‌شود شوک FDI در بخش انرژی، به واسطه بهبود کارایی انرژی در بخش نیروگاهی منجر به افزایش سطح تولید در این بخش شود و از سوی دیگر به علت وجود اثرات بازگشتی احتمالاً افزایش انتشار کربن نیز اتفاق افتد. همچنین افزایش قیمت حامل‌های انرژی (غیر الکتریسیته) و برق تولیدی در نیروگاه‌های حرارتی می‌تواند به ترتیب با بهبود کارایی انرژی در بخش نیروگاه‌های حرارتی و بخش تولید کالاهای قابل مبادله که از برق به عنوان نهاده تولید استفاده می‌کنند، میزان ستانده را افزایش داده و البته باز هم به واسطه وجود اثرات بازگشتی، انتظار مشاهده کاهش معنادار در انتشار کربن دور از ذهن به نظر می‌رسد.

تعیین شوک سرمایه و سناریوهای مربوط به آن

در سند مصوب هیئت وزیران، دستیابی به اهداف غیر مشروط (کاهش ٤ درصدی در انتشار کربن) و مشروط (کاهش ۸ درصدی علاوه بر هدف غیر مشروط) به ترتیب نیازمند سرمایه‌گذاری به میزان ۱۷/۵ و ۵۲/۵ میلیارد دلار ذکر شده است. با توجه به فقدان آمار رسمی پیرامون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش نیروگاهی، برای محاسبه اندازه شوک به داده‌های مستخرج از اجرای سناریوی پایه مراجعه شده است. مطابق محاسبات در سال ۲۰۲۰ مخارج سرمایه‌گذاری (EVFA) در بخش حامل‌های انرژی شامل نفت، فرآورده‌های نفتی، گاز و برق (بخش تولید) حدوداً برابر با ۱۳۱/۸ میلیارد دلار بوده است. تعریف شوک FDI و به تبع آن افزایش کارایی انرژی در قالب سرریزهای تکنولوژی طی سه سناریو ارائه می‌شود که این سناریوها با عنوان A1 تا A3 نام‌گذاری شده‌اند. در سناریوی اول (A1) فرض می‌شود حجم سرمایه‌گذاری به میزان ۱۷/۵ میلیارد دلار جهت دستیابی به هدف غیر مشروط در همان سال ۲۰۲۰ از کانال FDI تأمین شود. مطابق نتیجه مطالعه کفایی و نژاد آقائیان‌وش (2017) پیرامون

1 - Momentum Simulation
2 - Stationary State
3 - Trajectories

حساسیت کارایی انرژی نسبت به FDI، فرض می‌شود به ازای هر یک درصد افزایش در موجودی FDI، کارایی انرژی به اندازه ۰/۰۷ درصد افزایش یابد. با توجه به عدم انتشار آمار رسمی مربوط به سرمایه‌گذاری خارجی در بخش انرژی، از نسبت سرمایه‌گذاری مورد نیاز جهت دستیابی به هدف غیر مشروط در بخش انرژی به کل سرمایه‌گذاری انجام شده در این بخش (یعنی رقم ۱۳۱/۸ میلیارد دلار)، برای محاسبه مقدار شوک FDI و کارایی انرژی استفاده می‌شود. با محاسبه نسبت فوق، شوک ۱۳ درصدی FDI در مجموعه انرژی (شامل نیروگاه‌ها و حامل های انرژی) و به تناسب شوک ۰/۹۱ درصدی بهبود کارایی انرژی در بخش نیروگاهی تعریف می‌شود. در دومین سناریو (A2) سرمایه‌گذاری جهت دستیابی به هدف مشروط علاوه بر هدف غیر مشروط، یعنی مبلغ ۵۲/۵ میلیارد دلار، در سال ۲۰۲۰ اعمال می‌شود. در این حالت نیز مشابه با سناریوی پیشین با کمک محاسبه نسبت این رقم به میزان مخارج سرمایه‌گذاری صورت گرفته در بخش انرژی (۱۳۱/۸ میلیارد دلار) شوک FDI و کارایی انرژی به ترتیب برابر با ۳۹/۸ درصد و ۲/۷۸۶ درصد تعریف شده است. در سناریوی سوم (A3) با نگاهی بدبینانه فرض بر این است که سرمایه‌گذاری پیش بینی شده به منظور تحقق هدف مشروط در قالب FDI محقق نشده و تنها مبلغ ۱۷/۵ میلیارد دلار مربوط به هدف غیر مشروط به مرور زمان و در طول سال‌های پس از اجرایی شدن توافق پاریس به اقتصاد ایران تزریق می‌شود. بدیهی است که در این حالت نیز کارایی انرژی متناسب با سرمایه‌گذاری تحقق یافته در هر سال بهبود خواهد یافت. بر این اساس شوک‌های مربوط به سرمایه‌گذاری و کارایی انرژی مطابق جدول زیر تا زمانی تعریف می‌شود که مجموع سرمایه‌گذاری صورت گرفته (ستون ۵) به رقم ۱۷/۵ میلیارد دلار برسد.

جدول ۱ – مقادیر سرمایه گذاری سالانه در سناریوی A3

سال	مخارج سرمایه گذاری در بخش انرژی (میلیارد دلار)	مقدار شوک سرمایه (درصد)	مقدار سرمایه گذاری جدید به واسطه شوک سرمایه (میلیارد دلار)	مجموع سرمایه گذاری جدید در قالب شوک به صورت تجمعی	مقدار شوک کارایی انرژی (درصد)
۲۰۲۰	۱۳۱/۸	۱	۱/۳۱۸	۱/۳۱۸	۰/۰۷
۲۰۲۱	۱۳۲/۵	۱	۱/۳۲۵	۲/٦٤۳	۰/۰۷
۲۰۲۲	۱۳۲/۹	۱	۱/۳۲۹	۳/۹۷۲	۰/۰۷
۲۰۲۳	۱۳۳/۲	۱	۱/۳۳۲	۵/۳۰٤	۰/۰۷
۲۰۲٤	۱۳۳/٦	۱	۱/۳۳٦	٦/٦٤	۰/۰۷
۲۰۲۵	۱۳٤/۳	۱	۱/۳٤۳	۷/۹۸۳	۰/۰۷
۲۰۲٦	۱۳۵/۱	۱	۱/۳۵۱	۹/۳۳٤	۰/۰۷
۲۰۲۷	۱۳٦	۱	۱/۳٦	۱۰/٦۹٤	۰/۰۷
۲۰۲۸	۱۳٦/۹	۱	۱/۳٦۹	۱۲/۰٦۳	۰/۰۷
۲۰۲۹	۱۳۷/۸	۱	۱/۳۷۸	۱۳/٤٤۱	۰/۰۷
۲۰۳۰	۱۳۸/۸	۱	۱/۳۸۸	۱٤/۸۲۹	۰/۰۷
۲۰۳۱	۱۳۹/۸	۱	۱/۳۹۸	۱٦/۲۲۷	۰/۰۷
۲۰۳۲	۱٤۰/٦	۱	۱/٤۰٦	۱۷/٦۳۳	۰/۰۷

منبع: محاسبات محقق

ستون دوم در جدول فوق مقادیر EVFA مربوط به سناریوی پایه (BAU) را نشان می‌دهد. با توجه به شوک تعریف شده در ستون سوم، مقادیر سرمایه‌گذاری خارجی (ستون چهارم) به عنوان درصدی از سرمایه‌گذاری کل (ستون دوم) در هر سال که به موجودی سرمایه افزوده می‌شود، محاسبه شده است. بدین ترتیب مطابق جدول فوق شوک سرمایه‌گذاری (ستون سوم) و کارایی انرژی (ستون ششم) در الگو تعریف می‌شود. لازم به ذکر است که بنابر گفته وزیر نیرو[1] در ۸ سال منتهی به سال ۱۴۰۰، میزان سرمایه‌گذاری سالانه انجام شده در صنعت برق (شامل بخش‌های تولید، توزیع و انتقال و به عنوان قسمتی از بخش انرژی کشور) معادل ۱/۶ میلیارد دلار بوده است. بر این اساس مقادیر تعیین شده برای شوک سالانه وارد بر مخارج سرمایه‌گذاری در بخش انرژی توجیه‌پذیر به نظر می‌رسد.

تعیین شوک قیمت انرژی و سناریوهای مربوط به آن

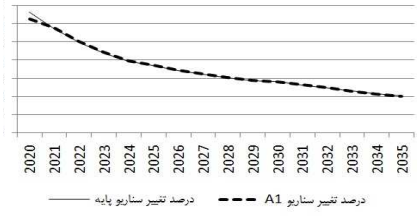
افزایش قیمت حامل‌های انرژی مطابق با مبانی نظری شرح داده شده در بخش قبل می‌تواند به عنوان یک راه‌حل جایگزین به منظور بهبود کارایی انرژی و در نتیجه مصرف کمتر آن و انتشار سطوح پایین‌تر کربن مطرح شود که در نهایت دستیابی به اهداف موجود در اسناد بالادستی را تسهیل خواهد کرد. در این بخش نیز مطابق مطالعه کفایی و نژاد آقائیان وش (2017)، فرض شده به ازای هر یک درصد افزایش قیمت انرژی، میزان کارایی انرژی به اندازه ۰/۲۳ درصد افزایش می‌یابد. بر این اساس دو سناریو تعریف می‌شود که اثرات تغییر قیمت حامل‌های انرژی بر انتشار کربن در دو سطح مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در سطح اول (B1)، به قیمت حامل‌های انرژی مورد استفاده بخش نیروگاهی کشور –که به عنوان خوراک از آن یاد می‌شود– شوک مثبتی به اندازه ۱ درصد و به صورت سالانه در بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ میلادی تعریف می‌شود. متناسب با شوک قیمتی، شوک مثبت کارایی انرژی نیز در بخش نیروگاهی به اندازه ۰/۲۳ درصد تعریف شده است. در سطح دوم (B2)، با توجه به اینکه حدود ۶۰ درصد ظرفیت برق نیروگاهی کشور مربوط به نیروگاه‌های حرارتی (شامل نیروگاه گازی و سوخت مایع) است (Ministry of Energy, 2019: 40.)، فرض می‌شود شوک مثبتی به میزان ۱۰ درصد، هر سال و در همان بازه زمانی قبلی به قیمت برق تولید شده توسط نیروگاه‌های حرارتی وارد و متناسب با آن شوک کارایی انرژی در بخش تولید کالاهای قابل مبادله که در سمت مصرف‌کننده برق قرار دارند، به اندازه ۲/۳ درصد تعریف می‌شود.

بحث

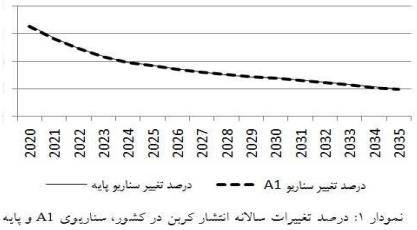
در این مطالعه به منظور ارزیابی کارآمدی سیاست‌های ارائه شده در INDC ذیل توافق‌نامه پاریس پیرامون کاهش سطوح انتشار کربن دو سؤال طرح شد. سؤال اول، میزان کارآمدی FDI

۱ – به آدرس iraneconomist.com/fa/news/360620/ مراجعه شود.

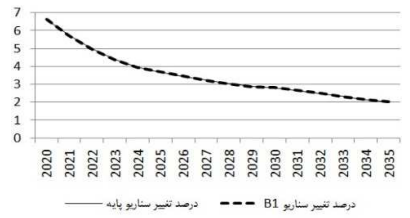
در صنعت برق به منظور کاهش انتشار هدف‌گذاری شده در INDC را مورد سنجش قرار می‌دهد. در سؤال دوم، اثرات سیاست‌های پیش‌بینی شده –یعنی FDI و افزایش قیمت حامل‌های انرژی –به عنوان سیاست جایگزین– بر متغیرهای اقتصادی از جمله GDP، ارزش افزوده بخش صنعت به طور کل و صنعت برق و مقدار مصرف برق مورد پرسش واقع شد. برای یافتن پاسخ سؤال اول، بایستی به نمودارهای (۱) تا (۷) نگاه کرد. طبق شواهد در سناریوهای A1 تا A3، FDI نمی‌تواند کاهش معناداری در حجم انتشار کربن پدید آورد. حتی در سناریوهای B1 و B2 که به ترتیب سیاست‌های افزایش قیمت حامل‌های انرژی مورد استفاده نیروگاه‌های حرارتی و افزایش قیمت برق مورد استفاده واحدهای تولیدی را مورد بررسی قرار می‌دهد، نه تنها کاهش معناداری در میزان انتشار کربن مشاهده نمی‌شود بلکه مثلاً در سناریوی B2 انتشار کربن نسبت به سناریوی پایه افزایش داشته اما در عین حال تنها در چهار سال پایانی، رشد مقدار انتشار در سناریوی B2 به سطوح پایین‌تری از رشد انتشار در سناریوی پایه رسیده است. نتیجه آنکه حجم سرمایه‌گذاری پیش‌بینی شده در INDC فاقد کارآمدی به منظور دستیابی به اهداف مشروط و غیر مشروط است. همچنین به نظر می‌رسد سیاست افزایش قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند تأثیر بیشتری بر کاهش انتشار کربن داشته باشد.



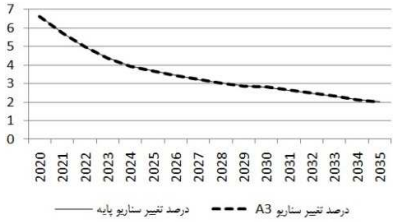
نمودار ۲: درصد تغییرات سالانه انتشار کربن در کشور، سناریوی A2 پایه



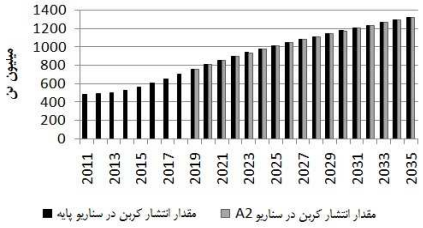
نمودار ۱: درصد تغییرات سالانه انتشار کربن در کشور، سناریوی A1 و پایه



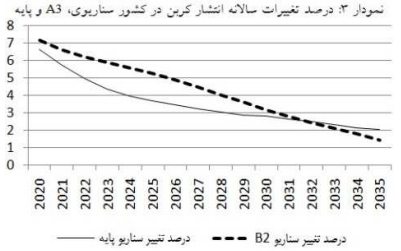
نمودار ٤: درصد تغییرات سالانه انتشار کربن در کشور سناریوی، B1 و پایه



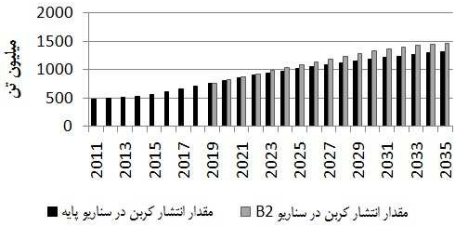
نمودار ۳: درصد تغییرات سالانه انتشار کربن در کشور سناریوی، A3 و پایه



نمودار ٦: حجم انتشار کربن در سناریوی A2 و ادامه وضع موجود (میلیون تن

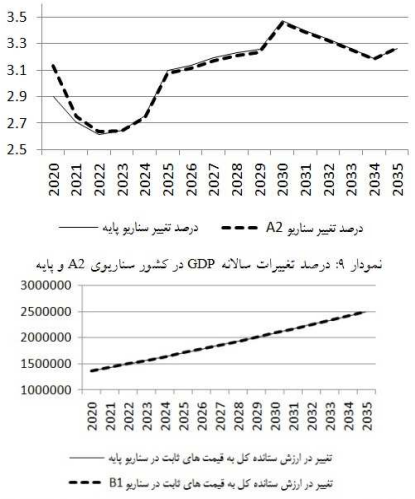


نمودار ۵: درصد تغییرات سالانه انتشار کربن در کشور، سناریوی B2 و پایه

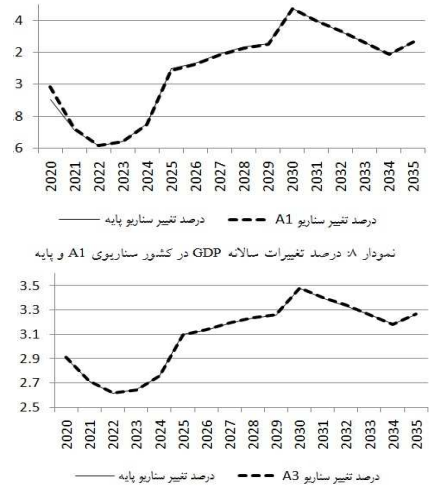


نمودار ۷: حجم انتشار کربن در سناریوی B2 و ادامه وضع موجود (میلیون تن)

در مورد سؤال دوم بایستی به نمودارهای زیر رجوع کرد. طبق نمودارهای (۸) تا (۱۲) تنها در سناریوهای A1 و A2 شاهد تغییر در سطح GDP نسبت به سناریوی پایه هستیم که البته از سال سوم به بعد نیز این اختلاف از بین می‌رود و تفاوت مشهودی میان GDP حاصل از اعمال سناریوها و سناریوی پایه دیده نمی‌شود. بررسی روند ارزش ستانده بخش صنعت به منظور ارزیابی فرضیه‌ای است مبنی بر به رکود کشیده شدن این بخش در پی اجرای توافقنامه پاریس که در برخی گزارش‌ها ارائه شده است.



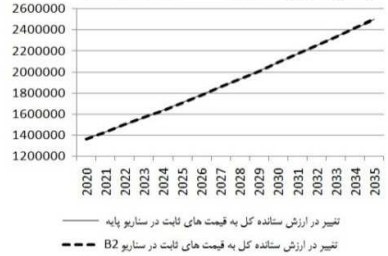
نمودار ۹: درصد تغییرات سالانه GDP در کشور سناریوی A2 و پایه



نمودار ۸: درصد تغییرات سالانه GDP در کشور سناریوی A1 و پایه

نمودار ۱۱: روند تغییرات سالانه در مقدار ستانده کل کشور سناریوی B1 و پایه (میلیون دلا

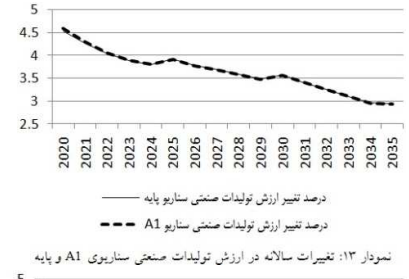
نمودار ۱۰: درصد تغییرات سالانه GDP در کشور سناریوی A3 و پایه



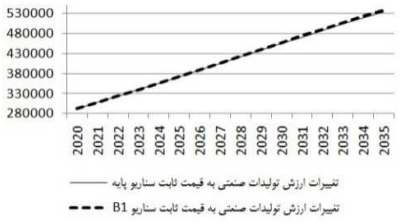
نمودار ۱۲: روند تغییرات سالانه در مقدار ستانده کل کشور سناریوی B2 و پایه (میلیون دلار)

طبق نمودارهای (۱۳) تا (۱۷) روند ارزش ستانده صنعتی در سناریوهای A1 و A2 پس از حداکثر سه سال از وقوع شوک FDI به روند مربوط به سناریوی پایه همگرا می‌شود. در سناریوی A3 این روند منطبق بر سناریوی پایه است و فقط در سناریوهای B1 و B2 تغییرات مثبت ایجاد شده در ارزش تولیدات صنعتی، فراتر از سناریوی پایه است. این تفاوت در سناریوی B2 و در بلندمدت افزایش می‌یابد و اگر چه میزان انتشار در این سناریو نیز مطابق انتظار نیست اما نشان دهنده تأثیر مثبت بیشتر افزایش قیمت برق مصرفی واحدهای تولیدی به جای افزایش قیمت حامل‌های انرژی مورد استفاده نیروگاه‌های حرارتی بر ارزش ستانده بخش صنعتی است.

نمودار ۱۴: تغییرات سالانه در ارزش تولیدات صنعتی سناریوی A2 و پایه

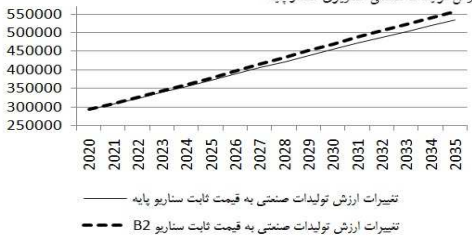


نمودار ۱۳: تغییرات سالانه در ارزش تولیدات صنعتی سناریوی A1 و پایه



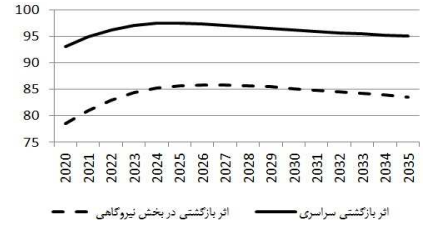
نمودار ۱۶: تغییرات سالانه در ارزش تولیدات صنعتی سناریوی B1 و پایه (میلیون دلار)

نمودار ۱۵: تغییرات سالانه در ارزش تولیدات صنعتی سناریوی A3 و پایه

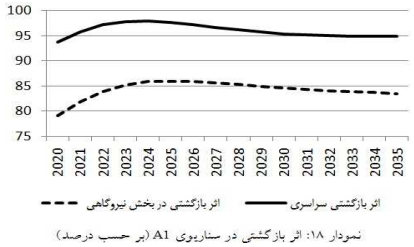


نمودار ۱۷: تغییرات سالانه در ارزش تولیدات صنعتی سناریوی B2 و پایه (میلیون دلار)

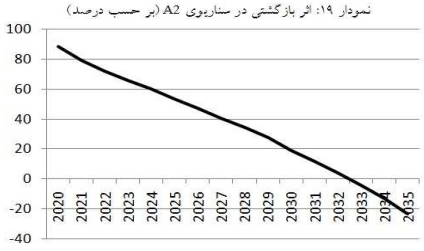
عدم کاهش انتشار کربن در بخش صنعت با افزایش قیمت برق مصرفی بنگاه‌های تولیدی و بهبود کارایی انرژی در این واحدها را می‌توان به اثر بازگشتی نسبت داد که در نمودارهای (۱۸) تا (۲۲) ارائه شده است. نتیجه آنکه اعمال سیاست‌های ذکر شده در INDC، هرگز منجر به تعطیلی و به رکود کشیده شدن بخش صنعت نخواهد شد. این موضوع در مورد صنعت برق نیز به عنوان بخشی از صنعت کشور مصداق دارد.



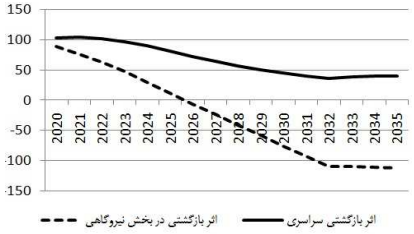
نمودار ۱۹: اثر بازگشتی در سناریوی A2 (بر حسب درصد)



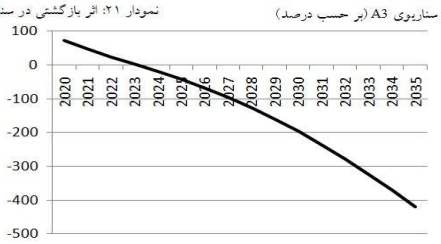
نمودار ۱۸: اثر بازگشتی در سناریوی A1 (بر حسب درصد)



نمودار ۲۱: اثر بازگشتی در سناریوی B1 (بر حسب درصد)

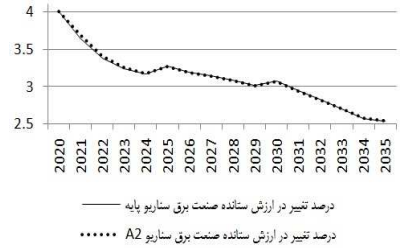


نمودار ۲۰: اثر بازگشتی در سناریوی A3 (بر حسب درصد)

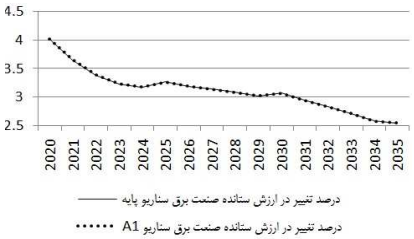


نمودار ۲۲: اثر بازگشتی در سناریوی B2 (بر حسب درصد)

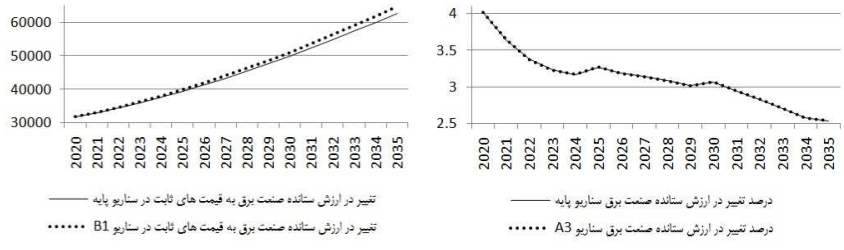
در نمودارهای (۲۳) تا (۲۷)، روند تغییرات در ارزش ستانده صنعت برق ارائه شده که بر اساس سناریوهای A1 و A2، تغییرات مثبت در ارزش ستانده صنعت برق حداکثر پس از چهار سال خنثی شده و روندهای مربوطه به سناریوی پایه همگرا می‌شود. تغییرات ارزش ستانده صنعت برق در سناریوی A3 و سناریوی پایه بر یکدیگر منطبق است. در سناریوهای B1 و به طور خاص سناریوی B2 تغییرات در ارزش ستانده این صنعت در بلندمدت به صورت فزاینده نسبت به سناریوی پایه رشد می‌کند. نتیجه این نمودارها نیز بر عدم رکودی شدن صنعت برق در پی اجرای توافق پاریس دلالت دارد.



نمودار ٢٤: درصد تغییرات در ارزش ستانده صنعت برق سناریوی A2 و پایه

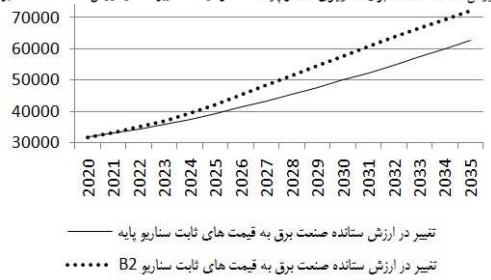


نمودار ۲۳: درصد تغییرات در ارزش ستانده صنعت برق سناریوی A1 و پایه



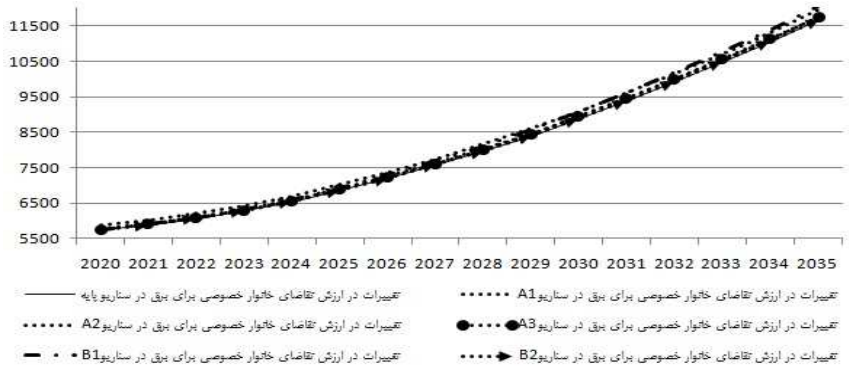
نمودار ۲۶: تغییرات در ارزش ستانده صنعت برق سناریوی B1 و پایه (میلیون دلار)

نمودار ۲۵: درصد تغییرات در ارزش ستانده صنعت برق سناریوی A3 و پایه



نمودار ۲۷: تغییرات در ارزش ستانده صنعت برق سناریوی B2 و پایه (میلیون دلار)

روند تغییرات در مصرف برق توسط خانوار خصوصی طی سناریوهای مورد بررسی مطابق با نمودار (۲۸)، همواره صعودی بوده و در تمامی سناریوها مقدار مصرف در هر سال بالاتر از سناریوی پایه قرار گرفته است. اختلاف میان تغییرات مصرف برق بر اساس سناریوی B1 و سناریوی پایه به مرور زمان افزایش یافته به طوری که نسبت به دیگر سناریوها در بلندمدت بیشترین تفاوت را با سناریوی پایه نشان داده است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت به واسطه افزایش کارایی انرژی در بخش نیروگاهی اثر بازگشتی با شدت بالایی عمل کرده به نحوی که کاهش قیمت برق موجبات افزایش مصرف خانوار را در پی داشته است و در نهایت منجر به عدم کاهش انتشار کربن در کشور شده است.



نمودار ۲۸ – تغییرات ارزش تقاضای برق خانوار خصوصی (میلیون دلار)

شواهد نشان می‌دهد در مجموع هیچ کدام از سناریوهای طراحی شده، نمی‌تواند سطح انتشار کربن را تا سال ۲۰۳۰ و یا ۲۰۳۵ به سطوح پیش بینی شده در توافق پاریس کاهش دهد. از سوی دیگر حتی اگر در قالب پیوستن به توافق‌نامه پاریس این سناریوها محقق شود باز هم آسیبی متوجه بخش صنعت نخواهد بود. در نهایت عاملی که نقش بازدارنده در کاهش سطوح انتشار دارد همان اثر بازگشتی می‌شود که امکان کاهش انتشار کربن را از بین برده است.

توصیه‌های سیاستی

از جمع‌بندی نتایج فوق توصیه‌های سیاستی به قرار زیر مستخرج می‌شود:

– ضرورت دارد سیاستگذار با توجه به حساسیت کارایی انرژی نسبت به FDI به اصلاح مقادیر پیش‌بینی شده سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در سند مشارکت ملی اقدام نماید.

– لازم است سیاستگذار با توجه به قدرت بالای اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی در بخش نیروگاهی که با افزایش مصرف برق خانوار خصوصی آشکار می‌شود؛ افزایش مصرف برق را از طریق افزایش قیمت آن برای خانوار خصوصی کنترل نماید.

– با توجه به اینکه در حال حاضر قیمت برق، سهم بسیار پایینی در سبد هزینه کرد خانوار خصوصی دارد، لازم است سیاستگذار در اجرای توصیه سیاستی پیشین، قیمت برق را به حد معناداری افزایش دهد تا مصرف برق کنترل شده و در نهایت کاهش انتشار اتفاق افتد.

– سیاستگذار برای تصمیم‌گیری دقیق در مورد افزایش کارایی انرژی به نحوی که اهداف برنامه مشارکت ملی تحقق یابد، نیازمند استفاده از نتایج علمی مطالعات پیرامون تأثیرپذیری کارایی انرژی از FDI است و بر همین اساس لازم است از تحقیقات در این زمینه حمایت شود.

References:

1 -Adeyemi, O. I., D. C. Broadstock, M. Chitnis, L. C. Hunt & G. Judge. (2010). Asymmetric price responses & the underlying energy dem& trend: are they substitutes or complements? Evidence from modelling OECD aggregate energy dem&. Energy Economics, 32(5), 1157–1164.

2 -Akbari, Reza; Jalai Esfandabadi, Seyyed Abd-alMajid; Nejati, Mehdi & Mina Javadinia, (2019), Investigating the impact of international agreements on the quality of the environment through the foreign direct investment channel with the CGE model approach: a case study of the JCPOA. Economic Research, 54(4), pp. 787-819 [in Persian].

3 -anderson, K. S., S. Dockweiler & H. K. Jacobsen. (2019). Squaring the energy efficiency circle: evaluating industry energy efficiency policy in a hybrid model setting. MPRA Paper, No. 96546.

4 -Babiker, M., A. Gurgel, S. Paltsev & J. Reilly. (2009). Forward-looking versus recursive-dynamic modeling in climate policy analysis: a comparision. Economic modeling, 26, 1341-1354.

5 -Broberg, T., C. Berg & E. Samakovlis. (2015). The economy-wide rebound effect from improved energy efficiency in Swedish industries- A general equilibrium analysis. Energy policy, 83, 26-37.

6 -Dargay, J. M. & D. Gately. (1995). The imperfect price-reversibility of non-transport oil demand in the OECD. Energy Economics, 17(1), 59–71.

7 -Eftekhari, Shervin; Mousavi, Seyed Mostafa & Abtin Ataei, (2015). Investigation of the reduction of greenhouse gas emissions due to solar electricity production in solar electricity development programs. The second national conference on energy & sustainable development, 29 & 30 February 2015, Islamic Azad University, Takistan Unit [in Persian].

8 -Gately, D. & H. G. Huntington. (2002). The asymmetric effects of changes in price & income of energy & oil demand. Energy journal, 23(1), 19–55.
9 -Giraudet, L-G., C. Guivarch & P. Quirion. (2012). Exploring the potential for energy conservation in french households through hybrid modeling, Energy economics, 34, 426-445.
10- Huntington, H. G. (2006). A note on price asymmetry as induced technical change. Energy journal, 27(3), 1–7.
11 -Ianchovichina, E. I. & T. L. Walmsley. (2012). Dynamic modeling & applications for global economic analysis. Cambridge university press.
12 -Kafaei, Seyyed Mohammad Ali & Priya Nejad Aghaian-Vosh, (2017), Identifying factors affecting energy efficiency in Iran's economy, Quarterly Journal of Energy Economics Studies, 13(52), pp. 1-34.
13 -Koesler, S., K. Swales & K. Turner. (2016). International spillover & rebound effects from increased energy efficiency in Germany. Energy economics, 54, 444-452.
14- Lee, H., S. W. Kang & Y. Koo. (2020). A hybrid energy system model to evaluate the impact of climate policy on the manufacturing sector: adoption of energy-efficient technologies & rebound effects. Energy, 212, 118718.
15 -Lu, Y., Y. Liu & M. Zhou. (2017). Rebound effect of improved energy efficiency for different energy types: a general equilibrium analysis for China. Energy economics, 62, 248-256.
16 -Malek Mohammadi, Hamid Reza, (2015). Basics & principles of public policy, Tehran, Samit, first edition [in Persian].
17 -Ministry of Energy, (2019). Energy balance sheet for 2017. Tehran, Iran [in Persian].
18 -Nong, D. (2020). Development of electricity-environmental policy CGE model (GTAP-E-PowerS): A case of the carbon tax in South Africa. Energy policy, 140, 111375.
19 -Pant, H. M. (2002). Solving an intertemporal CGE model without an intertemporal database using GEMPACK – in the GTEM way. 5th annual conference on global economic analysis.
20 -Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency?: concepts, indicators & methodological issues. Energy policy, 24(5), 377-390.
21 -Rafiei, Fatemeh; Asgari, Manouchehr & Hamidreza Arbab, (2019), Analyzing the rebound effects caused by increasing in energy efficiency in Iran: Computable general equilibrium model approach, Economics & Modeling Quarterly, 39, pp. 87-111 [in Persian].
22 -Sharekian, Atiyeh & Mohammad Reza Lotfalipour, (2016), the role of energy efficiency in improving the environment in selected oil exporting countries (using panel data), Journal of Regional Economy & Development, 23(11), pp. 106- 130 [in Persian].
23 -Sharzei, Gholam Ali & He-Zhar Ebrahimzadegan, (2011), estimation of the return effect of increasing energy efficiency in relation to household consumption & carbon dioxide emissions in Iran, Journal of Energy Economics Studies, 8(30), pp. 33-61 [in Persian].
24 -Suleimanian, Zohreh; Bazazan, Fatemeh & Mirhossein Mousavi, (2018), Reciprocal effects resulting from improving the efficiency of electricity, fossil fuels & energy input in energy-intensive industries: a computable general equilibrium approach. Economic Research, 53(4), pp. 855-880 [in Persian].
25 -Suleimanian, Zohreh; Bazazan, Fatemeh & Mirhossein Mousavi, (2017), The effects of improving the efficiency of fossil fuels in energy-intensive industries: an inter-temporal dynamic computable general equilibrium model, Iran Energy Economics Research Journal, 6(21), pp. 163-200 [in Persian].
26 -Wei, T. & Y. Liu. (2017). Estimation of global rebound effect caused by energy efficiency improvement. Energy economics, 66, 27-34.
27 -Wu, Y-H., C-H. Liu, M-L. Hung, T-Y. Liu & T. Masui. (2019). Sectoral energy efficiency improvements in Taiwan: Evaluations using a hybrid of top-down & bottom-up models. Energy policy, 132, 1241-1255.
28 -Zhang, J. S. & C. Y. Lawell. (2017). The macroeconomic rebound effect in China. Energy economics, 67, 202-212.