بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده: مهندسی صنایع و مدیریت

رشته علوم اقتصادی گرایش برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تأثیر بهره‌وری انرژی بر مصرف سایر منابع طبیعی با دیدگاه داده-ستانده (مطالعه موردی: کشور ایران)

نگارنده: محمدجواد زارعی

استاد راهنما:

دکتر محمود رحیمی

استاد مشاور:

دکتر زهرا نصراللهی

شهریور ۱۳۹۷

تقدیم به

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان

که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

این مجموعه را تقدیم می کنم به:

تقدیم با بوسه بر دستان پدر و مادر عزیزم، آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات

کردند تا من به جایگاهی موفق برسم

به خواهرانم، که وجودشان شادی بخش و مایه آرامش من است

و تقدیم به برادرم که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودش مایه دلگرمی من می باشد.

سپاس گذاری

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به هم نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت. بدون شک هر خیر که به ما رسد از فضل و عنایت اوست.

جای گاه و منزلت معلم اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانیت و تقدیر ارزش والای علم است؛ از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللهَ عزو جلّ"؛ بر خود وظیفه می دانم خاضعانه ترین سپاس ها را تقدیم نمایم به:

پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که رسم پاک زیستن را بس شایسته بر فرزندانشان آموختند؛

استاد فرهیخته و اندیشمند و دانشمند؛ جناب آقای دکتر رحیمی، استاد راهنمای بزرگوار که با حسن خلق و فروتنی زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفته است.

استاد مشاور گرامی؛ سرکار خانم دکتر نصراللهی که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند؛

و اساتید فرزانه ای که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛

تعهد نامه

اینجانب **محمدجواد زارعی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **علوم اقتصادی (برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی)** دانشکده **مهندسی صنایع و مدیریت** دانشگاه **صنعتی شاهرود** نویسنده پایان نامه **تاثیر بهره‌وری انرژی بر مصرف سایر منابع طبیعی با دیدگاه داده-ستانده (مطالعه موردی: کشور ایران)** تحت راهنمائی **دکتر محمود رحیمی** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

کشور ایران به‌عنوان یکی از کشورهای دارای منابع انرژی سرشار و یک کشور درحال توسعه در استفاده از منابع انرژی از سطح کارایی پایینی برخوردار است. مصرف انرژی و اثرات آن مانند انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی به نگرانی و موضوع مهمی بین اقتصاددانان، سیاست‌گذاران و همچنین پژوهش‌گران محیط‌زیست تبدیل شده است. یکی از راه‌های کاهش مصرف انرژی افزایش کارایی شناخته شده است. بهبود کارایی انرژی هزینه‌های خدمات انرژی را کاهش و در برخی موارد، درآمد قابل تصرف را افزایش می‌دهد. این عامل باعث افزایش مصرف کالاها و خدماتی می شود که نیاز به انرژی بیشتری برای تولید، توزیع و مصرف دارند. این اثر به‌عنوان اثر بازگشتی غیرمستقیم در ادبیات موضوع شناخته می‌شود. فراتر از افزایش مصرف خود انرژی به دلیل وجود اثرات بازگشتی، مصرف سایر منابع طبیعی نیز به دلیل یک مکانیزم مشابه تحت تاثیر قرار می‌گیرد و دچار تغییر می‌شود. این اثر، که به عنوان اثر متقاطع بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم شناخته می‌شود، معمولا توسط دانشگاه‌ها و سیاست‌گذاران در هنگام طراحی و اجرای سیاست‌های انرژی مورد توجه قرار نمی‌گیرد. این پژوهش این اثر را مفهوم سازی می‌کند، روش‌شناسی برای برآورد آن را بیان می‌کند و همچنین برآوردهای اقتصادی ایران را نیز ارائه می‌دهد. به منظور برآوردهای این پژوهش از مدل داده-ستانده استفاده شده است.

کلید واژه‌ها:

کارایی انرژی، اثر بازگشتی متقاطع، مصرف منابع، داده-ستانده

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات پژوهش ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲- بیان مسئله ٤

۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق ٦

۱-٤- اهداف پژوهش ۷

۱-۵- کاربرد نتایج پژوهش ۷

۱-٦- قلمرو پژوهش ۷

۱-٦-۱- قلمرو زمانی ۷

۱-٦-۲- قلمرو مکانی ۷

۱-٦-۳ قلمرو موضوعی ۷

۱-۷- جامعه و نمونه آماری ۸

۱-۸- روش‌های مورد نظر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیات ۸

۱-۹- خلاصه فصلها ۸

فصل دوم: مبانی نظری و ادبیات پژوهش ۹

۲-۱ مقدمه ۱۰

۲-۲ انرژی، انرژی الکتریکی و اهمیت آن در ایران و جهان ۱۱

۲-۳ کارایی و بهره‌وری و نقش و اهمیت آن ۱۳

۲-٤ روابط بین بخشی در اقتصاد و اثرات بازگشتی بهبود کارایی انرژی برق ۱٦

۲-۵ مطالعات پیشین ۱۹

۲-۵-۱ مطالعات خارجی ۱۹

۲-۵-۲ مطالعات داخلی ۳۲
۲-٦ جمع‌بندی ۳۵
فصل سوم: روش تحقیق ۳۷
۳-۱ مقدمه ۳۸
۳-۲ اقتصاد سنجی ۳۸
۳-۲-۱ مدل پنل دیتا ۳۹
۳-۲-۲ آزمون F ٤۱
۳-۲-۳ آزمون هاسمن ٤۲
۳-۲-٤ سایر فروض ٤۳
۳-۲-٤-۱ صفر بودن میانگین خطا ٤۳
۳-۲-٤-۲ واریانس هم‌سانی ٤۳
۳-۲-٤-۳ عدم خودهمبستگی ٤٤
۳-۲-٤-٤ هم‌خطی ٤۵
۳-۲-٤-۵ نرمال بودن توزیع جمله‌ی خطا ٤۵
۳-۲-٤-٦ مانایی ٤٦
۳-۳ مدل داده-ستانده ٤٦
۳-٤ داده‌ها و نحوه‌ی جمع‌آوری آن ۵۲
۳-٤-۱ بخش صنعت (صنایع کارخانه‌ای) ۵۲
۳-٤-۲ معدن ۵۳
۳-٤-۳ بخش ساختمان، آب، برق و گاز ۵۳
۳-٤-٤ بخش کشاورزی ۵٤
۳-٤-۵ بخش خدمات ۵٤
۳-۵ جمع‌بندی ۵٤

فصل چهارم: مدل و نتایج تحقیق ۵۵
۴-۱ مقدمه ۵۶
۴-۲ مدل پنل دیتا ۵۷
۴-۲-۱ آزمون F ۵۷
۴-۲-۲ آزمون هاسمن ۵۸
۴-۲-۳ آزمون فرضیه‌ها ۵۸
۴-۲-۳-۱ صفر بودن میانگین خطا ۵۹
۴-۲-۳-۲ فرض واریانس‌همسانی ۵۹
۴-۲-۳-۳ فرض عدم خودهمبستگی ۵۹
۴-۲-۳-۴ فرض نرمال بودن جمله‌ی خطا ۵۹
۴-۲-۳-۵ بررسی مانایی ۶۰
۴-۳ مدل داده-ستانده ۶۲
۴-۳-۱ برق‌بری، آب‌بری، گازبری ۶۳
۴-۳-۲ مدل بازمصرف ۶۳
۴-۴ اثرات بازگشتی متقاطع ۶۷
۴-۵ جمع‌بندی ۶۹
فصل پنجم: جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۱
۵-۱ مقدمه ۷۲
۵-۲ تحلیل و نتیجه‌گیری ۷۳
۵-۳ پیشنهادها ۷۴
فهرست منابع ۷۶

فهرست جداول

جدول (۳-۱): چارچوب ساده جدول داده-ستانده ۴۸

جدول (۳-۲): عناوین بخش‌های اقتصادی کشور در جدول داده-ستانده‌ی مورد استفاده در این پژوهش ۵۱

جدول (۴-۱): نتایج آزمون F ۵۷

جدول (۴-۲): نتایج آزمون هاسمن ۵۸

جدول (۴-۳): نتایج آزمون ریشه‌ی واحد فیلیپس-پرون (PP) ۶۰

جدول (۴-۴): نتایج برآورد تابع تقاضای برق خانوار ۶۱

جدول (۴-۵): نتایج تفصیلی مصرف برق و تغییرات آن ۶۶

جدول (۴-۶): نتایج تفصیلی تغییرات در مصرف آب و گاز طبیعی ناشی از بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف برق ۶۸

فصل اول: کلیات پژوهش

۱-۱ مقدمه

انرژی الکتریکی از انواع انرژی است که دارای کاربردهای منحصر به فردی بوده و می‌تواند در برخی زمینه‌ها جایگزین منابع مختلف انرژی باشد. با شناسایی برق به عنوان منبع انرژی و برتری آن بر سایر انرژی‌ها از لحاظ آثار محیط‌زیستی و از طرفی با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، گرایش به سرمایه‌گذاری در تولید برق افزایش یافته است. به گونه‌ای که تلاش برای یافتن منبعی باثبات به منظور تولید برق همانند انرژی هسته‌ای به طور روز افزون شتاب گرفته و این مسأله، الگوی مصرف را در سراسر دنیا تحت تأثیر قرار داده است. از دیگر مزیت‌های انرژی برق می‌توان به سهولت استفاده، تنوع روش‌های تولید و قابلیت تولید و توزیع در مقیاس بالا اشاره کرد.

بخش خانوار پس از بخش صنعت مهم‌ترین بخش مصرف کننده‌ی برق کشور محسوب میشود (۳۲درصد از کل مصرف برق کشور) و پس از این دو بخش، بخش کشاورزی قرار دارد (وزارت نیرو). پس از بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ فعالیت‌های پژوهشی دامنه‌داری در زمینه‌ی کاهش مصرف انرژی در شاخه‌های مختلف مصرف کننده شروع گردید. به گونه‌ای که بحران انرژی در سال مذکور نقطه عطفی در روند بهینه‌سازی مصرف انرژی در تمامی زمینه‌های مرتبط با انرژی به شمار می‌رود (سالم و اکابری، ۱۳۹۶).

تلفات بسیار بالای برق در جانب عرضه به همراه مصرف بالای این نهاده در جانب تقاضا، اصلاحات جدی در بخش‌های تولید، انتقال، توزیع و مصرف را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. این اصلاحات منجر به افزایش کارآیی[۱] در عرضه و تقاضای برق خواهد شد. به طور کلی بالا بودن اتلاف انرژی و روند فزاینده‌ی مصرف آن، آلودگی‌های محیط‌زیستی ناشی از مصارف انرژی، عدم رقابت‌پذیری صنایع انرژی‌بر، در کنار توصیه‌های جهانی برای توجه به مکانیزم توسعه‌ی پاک، توجه سیاست مداران کشور را به سمت بهبود کارایی انرژی بیش از پیش جلب کرده است (منظور و همکاران، ۱۳۹۰).

---

[۱]- Efficiency

با افزایش شدید قیمت انرژی، کارایی آن اکنون اهمیت بیشتری یافته و مطالعات تجربی اخیر هم مبین تأثیرگذاری کارایی انرژی بر نرخ رشد است (کفایی و خسروی، ۱۳۹۵).

از این رو بهبود کارایی مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین سیاست‌های مؤثر بر کنترل مصرف انرژی است که این سیاست، اثرات بازگشتی[۲] را در کنار خود به همراه دارد. اثرات بازگشتی حالتی است که طی آن کاهش انتظاری در مصرف سوخت (به دنبال بهبود کارایی و کاهش قیمت مؤثر آن) به علت قانون تقاضا، خنثی و یا کمتر از مقدار انتظاری می‌شود. از آنجایی که افزایش کارایی انرژی، یکی از جنبه‌های بهبود تکنولوژی است، لذا همواره اعتقاد بر این بوده است که بهبود کارایی ، تأثیر یک‌به‌یک بر کاهش مصرف دارد، اما هم در ادبیات اقتصاد انرژی و هم در زمینه سیاست‌های انرژی بحث گسترده‌ای در مورد تأثیر واقعی چنین بهبودهایی در کارایی مصرف انرژی وجود دارد که متمرکز بر مفهوم اثرات بازگشتی است. بحث مربوط به بهبود کارایی با دغدغه‌ای به نام اثرات بازگشتی یا اثرات معکوس[۳] همراه است، این اثرات زمانی رخ می‌دهند که بهبود کارایی مصرف انرژی، تقاضا را برای انرژی (مستقیم و غیرمستقیم) در بخش‌های مختلف تولیدی و مصرفی افزایش دهند (دل انگیزان و همکاران ۱۳۹۶). اثرات بازگشتی از آن جهت اهمیت دارد که باعث کاهش منافع حاصل از بهبود کارایی مصرف انرژی شده و حتی این امکان وجود دارد که اثربخشی سیاست‌های بهبود کارایی انرژی از بین برود (خوشکلام ۱۳۹۳). به‌عنوان نمونه، تولیدکنندگان ممکن است از منفعت حاصل شده در اثر کاهش هزینه (که در اثر بهبود کارایی انرژی رخ داده) برای افزایش تولید محصول خود استفاده کنند و لذا این موضوع سبب افزایش استفاده از نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و مواد خام خواهد شد و به تبع آن، سطح انرژی مصرفی برای تولید را افزایش خواهد داد. همچنین کاهش هزینه‌های انرژی ممکن است سبب کاهش قیمت محصولات شده و درنتیجه سبب افزایش مصرف محصول و افزایش مصرف انرژی گردد (سورل[۴] ۲۰۰۷).

---

[۲] -Rebound effects

[۳] -Backfire effects

[۴] -sorrell

تحلیل اثرات بازگشتی، به ویژه در سطح کلان با وجود نوپایی آن، توجه زیاد اقتصاددانان انرژی و محیط‌زیست را به خود جلب کرده است، به گونه‌ای که ادبیات موجود در این زمینه به سرعت در حال رشد است.

تحقیقات در مورد اثرات بازگشتی غیرمستقیم نشان می‌دهد که بهبود کارایی انرژی به طور کلی منجر به صرفه‌جویی پولی می‌شود که می‌تواند دوباره به سایر کالاها و خدمات منتقل شود و به نوبه‌ی خود باعث افزایش مصرف انرژی کل شود. یک سوال اساسی این است که چگونه کارایی انرژی و اثرات بازگشتی مرتبط با آن بر مصرف جهانی منابع طبیعی غیر از انرژی اثر می‌گذارد. فهم بهتر این سوال می‌تواند به پیش‌بینی عواقب پیش‌بینی نشده، شناسایی منافع و یافتن راه حل‌های مطلوب برای مشکلات محیط‌زیستی کمک کند. مطالعه‌ی اثرات بازگشتی در زمینه‌ی فشارهای محیط‌زیستی چندگانه، که در اینجا به عنوان اثرات برگشتی متقاطع[۵] تعریف شده است، در دوران اوایل رشد خود است، و تنها تعداد کمی از برآوردهای تجربی در این زمینه موجود است (ویوانکو وگونزالس[۶]، ۲۰۱۷)

در این پژوهش سعی بر آن است که اثرات بازگشتی و همچنین اثرات متقاطع بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی برق بر مصرف خود انرژی برق و همچنین مصرف سایر منابع طبیعی برآورد گردد.

۱-۲- بیان مسئله

انرژی یکی از مسائل مهم جهانی است که هم از جنبه‌ی اقتصادی، به‌عنوان اصلی‌ترین نهاده‌ی تولید و هم از جنبه محیط‌زیستی به‌عنوان مهم‌ترین انتشار دهنده‌ی آلاینده‌های محیط‌زیستی بسیار حائز اهمیت است. در دهه‌های گذشته با توجه به رشد اقتصادی، افزایش جمعیت و بالا رفتن استانداردهای سطح زندگی، مصرف انرژی نیز در بخش‌های مختلف اقتصادی افزایش یافته و بحران انرژی را به یک مسأله‌ی جهانی تبدیل کرده است.

---

[۵] -Cross Rebound Effect

[۶] -Vivanco & Gonzalez

در سال‌های اخیر یکی از راهکارهایی که همواره به منظور کاهش مصرف انرژی و در پی آن کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی مطرح شده است، افزایش کارایی مصرف انرژی است. بر این اساس کارایی انرژی شاخصی است که نشان می‌دهد به ازای هر واحد مصرف انرژی چه میزان محصول تولید می‌شود و یا چقدر ارزش افزوده ایجاد می‌شود. بنابراین بهبود کارایی انرژی به معنی کاهش مصرف انرژی برای تولید هر واحد محصول بوده و انتظار بر این است که با افزایش کارایی، مصرف انرژی نیز برای تولید حجم مشخصی از کالاها کاهش یابد. از این رو این شاخص شاخصی است که به شدت مورد توجه سیاست‌گذاران و پژوهشگران حوزه‌های مختلف قرار گرفته است به‌طوری که آنان به منظور کاهش مصرف انرژی همواره به افزایش کارایی آن توصیه کرده‌اند. با این حال، بهبود کارایی انرژی دارای پیامدهایی نظیر اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی است.

بهبود کارایی انرژی هزینه‌های خدمات انرژی را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش تقاضا برای آن می‌شود، این اثر به‌عنوان اثر بازگشتی مستقیم شناخته شده، همچنین در برخی موارد افزایش درآمد قابل تصرف را به‌دنبال دارد که این افزایش درآمد باعث افزایش مصرف سایر کالاها و خدماتی می‌شود که برای تولید، توزیع و مصرف نیاز بیشتری به انرژی دارند. این اثر به‌عنوان اثر بازگشتی غیرمستقیم در ادبیات شناخته شده است. فراتر از این افزایش مصرف، تنوع استفاده از سایر منابع طبیعی نیز با مکانیزمی مشابه وجود دارد. این اثر به عنوان اثر مستقیم و غیرمستقیم متقاطع بازگشتی شناخته می‌شود (ویوانکو و گونزالس، ۲۰۱۷).

عدم توجه به چنین اثراتی می‌تواند منجر به عدم کارایی سیاست‌های مربوط به بهبود کارایی انرژی برای رسیدن به کاهش مصرف آن شود. بنابراین لازم است تا در سیاست‌گذاری های مرتبط با حوزه انرژی و کارایی آن، به این اثرات نیز توجه شود.

۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

موضوع افزایش مصرف انرژی و اثرات آلایندگی ناشی از آن یک مسأله جهانی بوده و از جنبه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی از اهمیت ویژه‌ای نیز برخوردار است. به اعتقاد بسیاری از صاحب‌نظران این موضوع در حال تبدیل به یک بحران جهانی است و اهمیت آن در کشورهایی نظیر ایران که دارای منابع فراوان انرژی هستند به مراتب بیشتر از سایر کشورها است، به‌طوری که بنابر اعلام نهادهای مختلف ملی و بین المللی با ادامه‌ی روند فعلی افزایش مصرف انرژی، در کمتر از ده سال آینده، مقدار عرضه‌ی انرژی با تقاضای آن برابری خواهد کرد و پس از آن ایران به یک کشور وارد کننده‌ی انرژی تبدیل خواهد شد (عباس ملکی و همکاران، ۱۳۹۶). براین اساس، پژوهش‌های فراوانی پیرامون این موضوع انجام شده است، اما در عمل سیاست‌های کاهش انرژی کارآمد نبوده است. مطابق با آمارهای رسمی مراکز آماری مصرف انرژی در جهان و ایران نه تنها مصرف انرژی کاهش نیافته بلکه در حال تبدیل به یک بحران نیز است. نزدیک به ۶۸ درصد از تولید آلاینده‌ها سهم بخش انرژی است (IEA/OECD، ۲۰۱۵) که نشان از اهمیت انرژی در تخریب محیط‌زیست دارد. همچنین شدت مصرف انرژی ایران ۱/۴ برابر متوسط جهانی است (معاونت امور برق و انرژی، ۱۳۹۵).

موضوع مصرف انرژی در اسناد بالا دستی کشور نیز مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته. در بند ۴ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی بر «استفاده از ظرفیت اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره‌وری، کاهش شدت انرژی و ...» تأکید شده است. در ماده ۲ و ۵ برنامه سوم و چهارم توسعه‌ی اقتصادی نیز به صرفه‌جویی مصرف انرژی و افزایش قیمت‌های انرژی اشاره شده است. در بخش ۳-۳ فصل پنجم برنامه‌ی پنجم توسعه‌ی اقتصادی تحت عنوان سیاست‌های کلی انرژی به این موضوع پرداخته شده است. در تمام بخش‌های سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف نیز به کاهش ۵۰ درصدی شدت انرژی در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۸۹ اشاره شده که مشابه این موارد در اسناد بالا دستی کشور قابل توجه است که نشان از اهمیت موضوع انرژی دارد. بر این اساس و با توجه به اهمیت اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی، لازم است تا تأثیر سیاست‌های کلان کشور در زمینه‌ی افزایش کارایی انرژی، با

درنظر گرفتن این اثرات مورد بررسی قرار گیرند. در این راستا این پژوهش با در نظر گرفتن اثرات بازگشتی به‌دنبال بررسی این موضوع است که افزایش کارایی مصرف انرژی چه تأثیری بر مصرف همان انرژی و سایر منابع طبیعی دارد.

۱-۴- اهداف پژوهش

هدف این تحقیق بررسی تأثیر بهبود کارایی مصرف انرژی برق بر مصرف همان نوع انرژی و سایر منابع طبیعی است. بر این اساس در این پژوهش کوشیده شده که به اهداف زیر دست یابد:

چگونگی تاثیرگذاری اثر بازگشتی غیرمستقیم از یک بهبود کارایی انرژی، بر مصرف منابع طبیعی دیگر.

میزان تحقق و دست‌یابی به اهداف سیاست‌های بهبود کارایی انرژی تحت تأثیر پیامدهای آن.

۱-۵- کاربرد نتایج پژوهش

نتایج این پژوهش می‌تواند مورد استفاده سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی و محیط‌زیستی به منظور تدوین قوانین و برنامه‌های بلندمدت مرتبط با مدیریت مصرف انرژی و سایر منابع طبیعی و همچنین برنامه های توسعه پایدار قرار گیرد.

۱-۶- قلمرو پژوهش

۱-۶-۱- قلمرو زمانی

قلمرو زمانی این مطالعه با توجه به جدول داده-ستانده موجود کشور، سال ۱۳۹۰ است. همچنین برای تخمین کشش قیمتی تقاضای برق از داده‌های سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ استفاده شده است.

۱-۶-۲- قلمرو مکانی

قلمرو مکانی پژوهش کشور جمهوری اسلامی ایران در نظر گرفته شده است.

۱-۶-۳ قلمرو موضوعی

قلمرو موضوعی این پژوهش در حیطه اقتصاد منابع و اقتصاد انرژی قرار می‌گیرد.

۱-۷- جامعه و نمونه آماری

جامعه و نمونه آماری در این پژوهش در مرحله اول برای تخمین کشش قیمتی تقاضای برق، کل استان‌های ایران و پس از آن برای برآورد اثرات بازگشتی و بازگشتی متقاطع، کل کشور ایران در نظر گرفته می‌شود.

۱-۸- روش‌های مورد نظر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیات

با مراجعه به آمار ثبتی موجود در مرکز آمار ایران، وزارت نیرو، جداول داده-ستانده بهنگام شده سال ۱۳۹۰، بانک مرکزی ایران و سایر مراکز آماری ایران، اطلاعات جمع آوری شده است. همچنین روش تحلیل در این مطالعه در مرحله اول با استفاده از مدل‌های اقتصاد سنجی و پس از آن مدل‌های داده-ستانده بوده است.

۱-۹- خلاصه فصل‌ها

در فصل اول، کلیات تحقیق شامل تعریف موضوع و بیان مسئله، اهمیت مسئله، اهداف تحقیق و نوع روش تحقیق ارائه شده است.

در بخش اول فصل دوم مفهوم بهره‌وری و کارایی، اثرات بازگشتی و مفاهیم مرتبط به موضوع پژوهش و دربخش دوم، پیشینه تحقیق و نتایج تحقیقات انجام شده مورد بحث قرار گرفته است.

فصل سوم، روش‌های انجام تحقیق را مورد بحث قرار می‌دهد. همچنین منابع تهیه اطلاعات و روش‌های آماری مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل بیان شده است.

فصل چهارم به تجزیه و تحلیل اطلاعات اختصاص یافته است. مدل‌ها مورد آزمون و بررسی قرار گرفته و نتایج ارائه شده است.

در فصل پنجم نیز نتایج و یافته‌ها ارائه و ارزیابی شده است. سپس نتیجه‌گیری وپیشنهادهایی برای تحقیق‌های آتی مطرح شده است.

فصل دوم: مبانی نظری و ادبیات پژوهش

۲-۱ مقدمه

انرژی چه از لحاظ اقتصادی، به‌عنوان نهاده‌ی تولید و چه از لحاظ محیط‌زیستی، به‌عنوان مهم‌ترین انتشار دهنده‌ی آلاینده‌ها وتغییر دهنده‌ی آب و هوا از اهمیت بالایی برای سیاست‌گذاران یک کشور برخوردار است. صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای یکی از اهداف اصلی دولت‌ها در سراسر جهان از جمله ایران است. در این راستا در سال‌های اخیر اقدامات زیادی توسط کشورهای مختلف برای کاهش مصرف انرژی صورت گرفته که از جمله می‌توان به اقداماتی نظیر: افزایش قیمت حامل‌های انرژی، تلاش برای بهبود فن‌آوری و تدوین مقررات استاندارد ساخت و سازو فرهنگ‌سازی اشاره کرد.

از دهه‌های اخیر یکی از مهم‌ترین اقداماتی که در راستای کاهش مصرف انرژی و در نتیجه آلودگی‌های ناشی از آن صورت گرفته افزایش کارایی مصرف انرژی است. به عبارت دیگر دولت‌ها تلاش دارند تا با بهبود فن‌آوری برای میزان تولید مشخص، انرژی کمتری مصرف شود. بر این اساس انتظار می‌رود با بهبود کارایی مصرف انرژی، میزان مصرف آن نیز کاهش یافته و تبعات منفی ناشی از مصرف بی‌رویه‌ی انرژی، تخفیف یابد. از اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ و در پی وقوع بحران انرژی، توجه جامعه‌ی جهانی به سمت کاهش مصرف انرژی در زمینه‌های مختلف معطوف شد به‌طوری که این بحران به نقطه‌ی عطفی در زمینه‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی تبدیل شد (سالم و اکابری، ۱۳۹۶). براین اساس بسیاری از مطالعات حوزه‌ی انرژی بر بهبود کارایی مصرف انرژی به‌عنوان راه حلی برای مقابله با این بحران تأکید کرده‌اند.

به دلایلی از جمله غنی بودن کشور ایران از منابع انرژی نفت و گاز و در نتیجه پایین بودن قیمت حامل‌های انرژی، مصرف انرژی در این کشور نسبت به میانگین مصرف جهانی به شکل قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر است. بر اساس گزارش ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۹۴ سرانه‌ی مصرف انرژی ایران در این سال بیش از ۱/۷ برابر میانگین سرانه‌ی مصرف جهانی بوده است. مصرف انرژی نهایی در ایران طی ده ساله‌ی

منتهی به سال ۱۳۹۴ با نرخ حدود چهار درصد در سال افزایش یافته است (ترازنامه انرژی). بنابر پیش‌بینی نهادهای مختلف ملی و بین المللی با ادامه‌ی روند فعلی افزایش مصرف انرژی، در کمتر از ده سال آینده، مقدار عرضه‌ی انرژی با تقاضای آن برابری خواهد کرد و پس از آن ایران به یک کشور وارد کننده‌ی انرژی تبدیل خواهد شد (عباس ملکی و همکاران، ۱۳۹۶). بر این اساس به‌نظر می‌رسد که بهبود کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی در ایران نسبت به سایر مناطق جهان از اهمیت به مراتب بالاتری برخوردار است.

با توجه به اهمیت اقتصادی و محیط‌زیستی مصرف انرژی و به طبع آن اهمیت موضوع بهبود کارایی انرژی، امروزه مسئله اثرات بهبود کارایی بر مصرف انرژی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و نیز سیاست‌گذاران کشورهای مختلف قرار گرفته است. این در حالی است که پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند به دلیل وجود اثرات بازگشتی، اثر بهبود کارایی یک انرژی بر کاهش مصرف آن تا حدی خنثی شده و حتی می‌تواند منجر به افزایش مصرف آن انرژی شود. همچنین فراتر از اثرات بازگشتی، برخی مطالعات چند سال گذشته نشان داده‌اند که بهبود کارایی یک انرژی نه‌تنها مصرف آن انرژی بلکه به دلیل وجود روابط متقابل بین‌بخشی، مصرف سایر منابع طبیعی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. این نوع اثرات به عنوان اثرات متقاطع بازگشتی شناخته می‌شوند. در راستای مساله موجود، این پژوهش به‌دنبال بررسی تاثیر بهبود کارایی انرژی برق در بخش خانوار بر کل مصرف آن و همچنین مصرف سایر منابع طبیعی شامل آب و گاز طبیعی است. در ادامه به تشریح بیشتر این موضوع پرداخته شده است.

۲-۲ انرژی، انرژی الکتریکی و اهمیت آن در ایران و جهان

انرژی یکی از پایه‌های مهم حیات اقتصادی، صنعتی و علمی در جهان و همچنین یکی از مهم‌ترین عوامل ضروری برای توسعه یک کشور است که بدون آن زندگی و به‌طور ویژه عرصه‌ی صنعتی با مشکلات زیادی روبرو خواهد شد. تجارب دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که با افزایش استفاده از منابع انرژی در جهان و ذخایر محدود سوخت‌های فسیلی، دیگر نمی‌توان به منابع محدود انرژی متکی بود. اگر چه نفت

و سایر سوخت‌های فسیلی می‌توانند حداقل تا چند دهه‌ی آینده نیازهای انرژی دنیا را تأمین نمایند اما چالش‌های عمیق‌تری که نظام انرژی جهان را شکل می‌دهد، مسائل محیط‌زیستی و تولید گازهای گلخانه‌ای است، به‌خصوص این‌که سوخت‌های فسیلی، مهم‌ترین عامل آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی هستند. به‌همین دلیل استفاده بهینه از انرژی در فرآیند توسعه اقتصادی همواره به عنوان یک هدف مهم در فرآیند توسعه پایدار[۱] مدنظر بوده است.

با توجه به مفهوم توسعه‌ی پایدار به عنوان توسعه‌ای که علاوه بر تأمین نیازهای نسل حاضر به حمایت از نسل‌های آینده نیز توجه دارد، استفاده از منابع محدود و پایان‌پذیر از حساسیت خاصی برخوردار است. در این میان انرژی (به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید) و تامین آن از حساس‌ترین مسائل پیرامون توسعه‌ی پایدار محسوب می‌شود که به‌عنوان یکی از بحرانی‌ترین موارد مطرح در نظام توسعه‌ی پایدار دانسته می‌شود. از آنجاکه در ایران بیشترین قسمت انرژی مورد نیاز از منابع تجدید ناپذیر تهیه می‌شود، نیاز به برنامه‌ریزی بلند مدت و مدیریت تأمین و مصرف انرژی به شدت احساس می‌شود.

از سال ۲۰۱۵ بر اقدامات مربوط به بهبود کارایی انرژی در همه‌ی بخش‌ها تأکید بیشتری شد. در سراسر جهان آگاهی فزاینده‌ای درباره‌ی این‌که بهبود کارایی انرژی می‌تواند نقشی کلیدی در کاهش انتشار آلاینده‌ها ایفا کند، دیده می‌شود. این امر می‌تواند به‌طور وسیعی در مواردی مانند افزایش امنیت انرژی[۲]، کاهش فقر سوخت و بهبود بهداشت عمومی سودمند باشد.

آژانس بین‌المللی انرژی (IEA[۳]) امنیت انرژی را به عنوان «دسترسی بی وقفه به منابع انرژی در قیمت مقرون به صرفه» تعریف می‌کند. امنیت انرژی دارای ابعاد زیادی است: امنیت درازمدت انرژی به طور عمده با سرمایه‌گذاری‌های به‌موقع برای تامین انرژی در راستای توسعه اقتصادی پایدار و نیازهای محیط‌زیستی در ارتباط است. امنیت انرژی کوتاه‌مدت بر توانایی سیستم انرژی برای واکنش سریع

[1] Sustainable Development
[۲] Energy Security
[۳] International Energy Agency

نسبت به تغییرات ناگهانی در تعادل عرضه-تقاضا تمرکز دارد. آژانس بین‌المللی انرژی، کارایی انرژی را کلید تضمین یک سیستم انرژی امن، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و پایدار برای آینده می‌داند. همچنین کارایی انرژی سریع‌ترین و ارزان‌ترین راه‌حل مشکلات امنیتی انرژی، محیط‌زیستی و اقتصادی است (آژانس بین‌المللی انرژی، بی‌تا).

انرژی الکتریکی را می‌توان جزء انرژی‌هایی دانست که کم‌تر می‌توان برای آن جایگزین نزدیکی پیدا کرد، به‌ویژه در بخش خانگی، برق یکی از ضروری‌ترین کالاها و ابزار زندگی امروزی محسوب می‌شود. در کشور ایران بخش خانگی در کنار بخش صنعت بیش‌ترین سهم از مصرف انرژی الکتریکی را به خود اختصاص داده‌اند، به‌طوری که سهم هر کدام از آن‌ها از کل برق مصرفی کشور به حدود ۳۰ درصد می‌رسد(ترازنامه انرژی سال، ۱۳۹۰). این انرژی از لحاظ آثار محیط‌زیستی و نیز با توجه به افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، نسبت به سایر انرژی‌ها برتری دارد. بنابراین امروزه تأمین نیازهای اقتصادی یک جامعه به تأمین برق قابل اعتماد و مقرون به صرفه وابسته است که به اعتقاد بسیاری، افزایش کارایی می‌تواند نقش مهمی برای این منظور ایفا کند.

۲-۳ کارایی و بهره‌وری و نقش و اهمیت آن

اگرچه واژه‌های «کارایی» و «بهره‌وری[۴]» در بسیاری از موارد برای منظور یکسانی به کار می‌روند، اما آن‌ها دارای تفاوت‌هایی هستند. بهره‌وری برای نخستین بار به وسیله‌ی فرانسوا کنه[۵] ریاضی‌دان و اقتصاددان طرفدار مکتب فیزیوکراسی به کار برده شد (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۳). کنه با طرح جدول اقتصادی، اقتدار هر دولتی را منوط به افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی می‌داند (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۳). از سوی سازمان‌های بین‌المللی تعاریف مختلفی برای بهره‌وری مطرح شده است. به عنوان مثال، در سال ۱۹۵۰ سازمان همکاری اقتصادی اروپا به طور رسمی بهره‌وری را چنین تعریف کرد: بهره‌وری حاصل کسری است که از تقسیم مقدار یا ارزش محصول بر مقدار یا ارزش یکی از عوامل تولید به دست

---

[۴]- Productivity

[۵] - François Quesnay

می‌آید. بدین لحاظ می‌توان از بهره‌وری سرمایه، مواد اولیه و نیروی کار صحبت کرد. آژانس بهره‌وری اروپا (EPA)[۶]، بهره‌وری را درجه استفاده موثر از هر یک از عوامل تولید می‌داند. سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)[۷]، بهره‌وری را این‌گونه تعریف می‌کند: «بهره‌وری مساوی نسبت ستانده به یکی از عوامل تولید است. عوامل تولید ممکن است سرمایه، کار، مواد خام، انرژی و موارد دیگر باشد».

به‌طور کلی بهره‌وری را می‌توان ترکیبی از کارایی اثربخشی[۸] دانست. کارایی به مفهوم صحیح انجام دادن کار است و با استفاده‌ی مفید از منابع ارتباط دارد، یعنی این که از حداقل نهاده‌ها حداکثر محصول برداشت شود. اثربخشی نیز به مفهوم کار صحیح است. یعنی ممکن است با مصرف کمتر نهاده‌ها محصول بیشتری تولید کرد ولی این محصول کیفیت مطلوب مورد نظر مصرف کننده را نداشته باشد. در این حالت کارایی واقع شده، اما چون محصول فاقد کیفیت لازم است، از این رو اثربخش نبوده و نمی‌تواند رضایت مصرف‌کننده را جلب نماید. به این ترتیب تحقق کارایی و اثربخشی هرکدام به تنهایی موجب افزایش بهره‌وری نخواهد شد. به بیان دیگر در مقوله‌ی بهره‌وری اولا کاری که انجام می‌شود باید کار درست و مفیدی باشد، در مرحله بعد، این کار به بهترین نحو انجام شود. در این صورت با تحقق این دو شرط می‌توان اطمینان حاصل کرد بهره‌وری محقق شده‌است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران).

آنچه که در این پژوهش مورد نظر است، نه بهره‌وری بلکه کارایی مصرف انرژی برق است. باتوجه به کمیابی عوامل تولید نظیر انرژی، کارایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. همچنین به‌دلیل نگرانی بابت آسیب‌های محیط‌زیستی، تغییرات آب و هوایی و هزینه‌های تولید و ظرفیت انتقال برای رفع تقاضای حداکثری، دولت‌ها به طیف گسترده‌ای از سیاست‌ها برای تغییر مقدار انرژی روی آورده‌اند. به‌عنوان مثال، آژانس بین‌المللی انرژی طرح‌ریزی کرده‌است که تا سال ۲۰۳۰، نیمی از کاهش هزینه‌های گازهای

---

[۶] -Europe Productivity Agency

[۷] -Organization of Economic Cooperation and Development

[۸] Effectiveness

گلخانه‌ای در کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه از بهبود کارایی به‌دست آید (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۰۹). برنامه‌ریزی برای استفاده از تجهیزات و لوازمی که از برق یا گاز کمتری برای ارائه سطح معینی از خدمات استفاده می‌کنند از جمله سیاست‌هایی است که در نظر گرفته شده است. یکی از سیاست‌هایی که در آمریکا و کشورهای اروپایی به منظور ارتقای کارایی مورد استفاده قرار گرفته، استانداردهای کارایی منابع انرژی(EERS)[۹] است. به طور کلی، برنامه های EERS در برگیرنده‌ی قوانین و دستورات برای کاهش استفاده از برق و گاز طبیعی توسط درصدها و مقادیر شرح داده شده در زمان تعیین شده است (برنان و پالمر، ۲۰۱۳)[۱۰]. به طور کلی بالا بودن اتلاف انرژی و روند فزاینده‌ی مصرف آن، آلودگی‌های محیط‌زیستی ناشی از مصارف انرژی، عدم رقابت‌پذیری صنایع انرژی‌بر، درکنار توصیه‌های جهانی برای توجه به مکانیزم توسعه‌ی پاک، توجه سیاست‌مداران کشورها را به سمت بهبود کارایی انرژی بیش از پیش جلب کرده است (اسفندیاری، ۱۳۹۴).

در کشور ایران نیز موضوع بهره‌وری از چند دهه گذشته مورد توجه بوده است. در سال ۱۳۴۴ ایران بدون اینکه سازمان و تشکیلات ملی بهره‌وری داشته باشد به عضویت سازمان بهره‌وری آسیایی(APO)[۱۱] درآمد (سازمان ملی بهره‌وری، بی‌تا). در پی اجرای سه برنامه توسعه کشور و با توجه به اهمیت بهره‌وری و بهبود آن در رونق اقتصادی و توسعه کشور، در برنامه چهارم توسعه به وضوح درباره افزایش بهره‌وری و میزان سهم آن در رشد اقتصادی بحث شده است. در برنامه چهارم برای سال‌های اجرای برنامه، رشد اقتصادی ۸ درصد پیش‌بینی شده است که حدود ۶۹ درصد آن از طریق سرمایه‌گذاری جدید و ۳۱ درصد باقی مانده نیز از طریق ارتقای بهره‌وری ذر نظر گرفته شده است. در برنامه پنجک توسعه نیز به موضوع بهره‌وری توجه ویژه‌ای شده است. براساس ماده ۷۹ این قانون تمام دستگاه‌های اجرایی موظف هستند پیوسته از سال دوم برنامه، تغییرات بهره‌وری و تاثیرات آن را بر رشد اقتصادی مربوط به بخش

---

[۹] - Energy Efficiency Resource Standard

[۱۰] - Timothy J. Brennan & Karen L. Palmer

[۱۱] - Asian Productivity Organization

خود منتشر کنند و به شناسایی سیاست‌ها و متغیرهای اثرگذار بر بهره‌وری بپردازند تا بهره‌وری رشد صعودی داشته باشد. مطابق این قانون، می‌بایست یک سوم از رشد ۸ درصدی اقتصاد[۱۲] از محل ارتقای بهره‌وری تامین گردد. در قانون برنامه ششم اقتصادی نیز به اهمیت بهره‌وری اشاره شده است. از جمله آن در بند ۲-۸ به اصلاح الگوی تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی و بهینه‌سازی الگوی مصرف آب، منابع، غذا، مواد و انرژی به‌ویژه ترویج مواد سوختی سازگار با محیط‌زیست تاکید شده است. به همین ترتیب در موارد بسیاری در اسناد بالادستی و قوانین و برنامه‌های توسعه‌ای کشور به‌صورت جدی به موضوع بهره‌وری اشاره شده است که نشان‌دهنده اهمیت این موضوع جهت توسعه اقتصادی و افزایش رفاه اجتماعی است.

۲-۴ روابط بین بخشی در اقتصاد و اثرات بازگشتی بهبود کارایی انرژی برق

بهبود و ارتقاء کارایی انرژی بر میزان مصرف انرژی اثر گذار است، چرا که با افزایش کارایی، برای تولید مقدار مشخصی محصول، انرژی کمتری مصرف خواهد شد. تفکر رایج حاکم بر ادبیات اقتصادی این است که بهبود کارایی باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود، اما در ادبیات اقتصاد انرژی بحث گسترده‌ای در مورد تأثیر واقعی چنین بهبودهایی در کارایی مصرف انرژی وجود دارد. شواهد تجربی فراوانی این واقعیت را روشن ساخته‌اند که با وجود بهبود مستمر کارایی مصرف منابع (از جمله انرژی) از زمان سرمایه‌داری پیشین (اواسط قرن۱۸) تاکنون، رشد جهانی مصرف این منابع متوقف نشده‌است (گونزالس[۱۳] و همکاران ۲۰۱۷).

تکنولوژی مهم‌ترین منبع برای صرفه‌جویی انرژی شناخته می‌شود. اما مزایای استفاده از فن‌آوری موجب واکنش رفتاری عوامل اقتصادی می‌شود که می‌تواند منجر به دست نیافتن به تمام مزیت مورد انتظار در صرفه‌جویی مصرف انرژی شود. به عبارت دیگر، منفعت ناشی از بهبود تکنولوژی و کارایی برای

---

[۱۲]- در مواقعی که رشد اقتصادی کمتر از حد انتظار ۸ درصدی باشد در برنامه جامع بهره‌وری کشور که افق ده ساله را مدنظر دارد و در آن جهش بهره‌وری مدنظراست، حداقل ۲ واحد درصد از رشد اقتصادی می‌بایست از طریق رشد بهره‌وری تامین گردد.

[۱۳] -Jaume Freire-González

مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان از طریق کاهش هزینه‌های مربوط به انرژی منجر به کاهش قیمت خدمات انرژی می‌شود. هر کاهش قیمت دو اثر دارد: اثر خود قیمت (اثر مستقیم) و اثر غیر مستقیم. به‌عنوان مثال، اگر استفاده از یخچال فریزر کم هزینه‌تر شود، از خدمات مربوط به یخچال فریزر بیشتر استفاده خواهد شد. در نتیجه بخشی از صرفه‌جویی ناشی از تکنولوژی ناپدید می‌شود. علاوه بر این، کاهش هزینه‌های مربوط به انرژی، قدرت خرید را افزایش می دهد. که این منجر به هزینه بیشتر برای سایر کالاها و خدمات می‌شود (از جمله کالاها و خدماتی که نیاز به مصرف انرژی دارند). اثر سوم دیگری که در سطح کلان مورد انتظار است، تغییر الگوی مصرفی است که بر تقاضا اثر می‌گذارد. همه این اثرات گفته شده به‌عنوان اثرات بازگشتی شناخته می‌شود (برکات[۱۴] و همکاران، ۲۰۰۰).

همان‌گونه که اشاره شد، ارتقاء کارایی مصرف انرژی نگرانی جدیدی به‌نام اثرات بازگشتی به همراه دارد. در اثرات بازگشتی، بازده انتظاری ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی، در نتیجه‌ی عکس‌العمل سیستم‌های اقتصادی و روابط بین بخشی به کاهش در قیمت موثر انرژی منجر می‌شود(گرپراد[۱۵] و راسموسن[۱۶]، ۲۰۰۴). از آنجایی‌که بهبود کارایی انرژی باعث کاهش قیمت موثر خدمات انرژی مانند مسافرت می شود، انتظار می‌رود که مصرف این خدمات افزایش یابد، بنابراین برخی از کاهش پیش‌بینی شده در مصرف انرژی جبران خواهد شد. اثرات بازگشتی مستقیم نخستین بار توسط جوونز[۱۷] (۱۸۶۵) مطرح شد، اما تا دهه ۱۹۸۰ مغفول ماند. پس از آن خازوم[۱۸] (۱۹۸۰) اولین کسی بود که به‌طور رسمی آن را مورد مطالعه قرار داد و از آن زمان تاکنون این اثرات موضوع مطالعه تحقیقات فراوانی بوده‌است (گرینینگ[۱۹] و همکاران، ۲۰۰۰). اثر بازگشتی را می‌توان به‌عنوان عامل کاهش در صرفه-جویی بالقوه انرژی در نتیجه‌ی پیشرفت تکنولوژی و در نتیجه آن بهبود کارایی انرژی تعریف کرد.

---

[۱۴] -Peter H.G. Berkhout
[۱۵] -Grepperud
[۱۶] -Rasmussen
[۱۷] -Jevons
[۱۸] -Khazzoom
[۱۹] -Greening

به عبارت دیگر، تفاوت بین پیش‌بینی اولیه‌ی صرفه‌جویی در انرژی (در اثر بهبود کارایی) و کاهش واقعی انرژی نشان دهنده‌ی اثرات بازگشتی است (گونزالس و همکاران، ۲۰۱۷).

بینش و درک صحیح از اثرات بازگشتی این است که، بهبود کارایی استفاده از یک منبع معین (به عنوان مثال انرژی) هزینه‌ی خدمات مربوط به آن منبع (مانند گرمایش) را کاهش می‌دهد، که به دنبال آن، افزایش تقاضای خود منبع و جبران بعضی یا همه صرفه‌جویی های مورد انتظار اولیه را بدنبال دارد (گونزالس و ویوانکو، ۲۰۱۷). این اثر به طور کلی به عنوان اثر مستقیم بازگشتی شناخته می‌شود. اثر دیگری که از بهبود کارایی انرژی ناشی می‌شود، افزایش در درآمد قابل تصرف است که می‌تواند منجر به افزایش در تقاضای نهایی برای سایر کالاها و خدمات شود. این کالاها و خدمات ممکن است در طول چرخه حیات[۲۰] خود (از استخراج تا مصرف نهایی) نیازمند چنین منبعی (مثل انرژی) باشند. این اثر نیز به عنوان اثر بازگشتی غیرمستقیم شناخته می‌شود (گونزالس و ویوانکو، ۲۰۱۷).

اثر بازگشتی غیرمستقیم نشان می‌دهد که بهبود کارایی انرژی به طور کلی منجر به صرفه‌جویی پولی می‌شود که می‌تواند دوباره به سایر کالاها و خدمات منتقل شود. از آنجا که تولید این کالاها و خدمات نیازمند به‌کارگیری برخی نهاده‌ها از جمله انرژی است، بنابراین مصرف انرژی افزایش می‌یابد. حالت افراطی این اثر به‌عنوان اثرات معکوس شناخته می‌شود و نشان می‌دهد که بهبود کارایی نه‌تنها مصرف منبع مورد نظر را کاهش نمی‌دهد، بلکه باعث افزایش مصرف آن نیز می‌شود (توماس[۲۱] و آزودو[۲۲]، ۲۰۱۳؛ گونزالس و همکاران، ۲۰۱۷).

اثرات بازگشتی در زمینه محیط‌زیستی که در اینجا به‌عنوان اثر بازگشتی **متقاطع** شناخته می‌شود، تأثیر بهبود کارایی انرژی را بر مصرف سایر منابع طبیعی نشان می‌دهد. این اثرات موضوع جدیدی

[20] Life Cycle
[۲۱] -Thomas
[۲۲] - Azevedo

است که هنوز مطالعات چندانی در رابطه با آن انجام نشده و اوایل راه رشد آن است. در واقع اثر بازگشتی متقاطع، افزایش در مصرف سایر منابع طبیعی را بر اثر بهبود کارایی انرژی نشان می‌دهد.

۲-۵ مطالعات پیشین

همان‌گونه که اشاره شد، موضوع اثر بازگشتی در ادبیات انرژی بحثی رو به گسترش است که نخستین بار جوونز در سال ۱۸۶۵ آن را مطرح کرد. سابقه مطالعه‌هایی که فعالیت‌های اقتصادی را به سیستم‌های طبیعی و محیط‌زیستی ربط می‌دهند به دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد (زارعی، ۱۳۹۵). مفهوم اثرات بازگشتی یکی از زمینه‌های مطالعاتی این حوزه است که در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه پژوهش‌گران مختلف قرار گرفته است. این مطالعات از دهه ۱۹۸۰ رو به فزونی یافته و تا کنون مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

۲-۵-۱ مطالعات خارجی

برکات و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهشی با عنوان «**تعریف اثر بازگشتی**» به بیان فن و روش تخمین اثرات بازگشتی در هلند می‌پردازد. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه می‌رسند که اثرات بازگشتی به دو دلیل وجود دارد: ابتدا به دلیل اینکه اثر جانشینی که در آن انرژی نسبت به سایر کالاهای جایگزین ارزان‌تر می‌شود. دوم به دلیل اثر درآمدی که درآمد قابل تصرف را افزایش می‌دهد. این پژوهش نشان می‌دهد که اثر بازگشتی بخش انرژی در هلند کوچک (بین ۰ تا ۱۵درصد) است.

بیرول و کپلر[۲۳] **(۲۰۰۰)** در مقاله‌ای با عنوان « **قیمت‌ها، بهبود تکنولوژی و اثرات بازگشتی**» بیان می‌کنند که برای تأثیرگذاری کارایی دو گزینه وجود دارد: یکی تغییر قیمت نسبی، یعنی بالا بردن قیمت انرژی از طریق ابزارهای اقتصادی و دیگری معرفی تکنولوژی جدید که باعث افزایش بهره‌وری هر واحد انرژی می‌شود. این مقاله بر پایه‌ی فرض یکسان بودن بهره‌وری نهایی برای همه عوامل تولید از جمله انرژی، سرمایه، کار و دانش در یک تعادل اقتصادی است. از این فرض دو نتیجه مهم می‌توان گرفت.

[۲۳] -Fatih Birol, Jan Horst Keppler

نخست این‌که هر تغییری در قیمت یا تکنولوژی به وسیله ایجاد بازخورد از طریق اثرات جایگزینی عوامل تولید، بر کل اقتصاد تأثیر می‌گذارد. دوم این‌که دو رویکرد تغییر قیمت و توسعه‌ی تکنولوژی مخالف یکدیگر نیستند و برای پیشرفت و رشد اقتصادی باید مکمل یکدیگر باشند. در این مقاله پیش‌بینی می‌شود که رشد اقتصادی ایالت متحده در چند سال آینده کاهش و قیمت‌های انرژی افزایش یابد.

گرینینگ و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهشی با عنوان «**کارایی انرژی و مصرف -اثرات بازگشتی- یک بررسی**» به بررسی ادبیات مربوط به اثرات بازگشتی و تعریف و شناخت منابع در ایالت متحده می‌پردازد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی در ایالت متحده به اندازه کافی زیاد نیست که بتواند از اهمیت نقش کارایی انرژی برای کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی کم کند. نتایج به‌دست آمده برای اثرات بازگشتی ایالت متحده در این تحقیق محدوده‌ای بین ۰ تا ۵۰ درصد را برای افزایش ۱۰۰درصدی کارایی انرژی نشان می‌دهد.

روی[۲۴] **(۲۰۰۰)** در مطالعه‌ای با عنوان «**اثرات بازگشتی، برخی شواهد تجربی از هند**» به بررسی میزان اثرگذاری کارایی فنی استفاده از انرژی در کشور هند پرداخته است. همچنین روی در این مطالعه بیان می‌کند که اثر بازگشتی مثبت بالا نشان می‌دهد تکنولوژی کارا، در حفظ تقاضا موفق نخواهد بود، مگر این‌که با سیاست قیمت‌گذاری مناسب تکمیل شود. در این مطالعه با استفاده از کشش قیمتی تقاضا به تخمین اثرات بازگشتی پرداخته شده است. اثرات بازگشتی بین ۲ تا ۲۴ درصد در کوتاه مدت و بین ۳ تا ۵۰ درصد در بلند مدت تخمین زده شده است.

ساندرس[۲۵] **(۲۰۰۰)** در یک مطالعه روش‌شناسانه (غیر تجربی) تحت عنوان «**یک دیدگاه از منظر کلان: اثرات بازگشتی، اثر معکوس و خازوم- بروکس**» تلاش کرده است تا ایده‌های کلیدی خود برای تعیین اثرات بازگشتی را با توجه به نظریه‌های اقتصاد کلان مطرح کند. در واقع هدف او این بوده

---

[۲۴] -Joyashree Roy

[۲۵] - saunders

است که مجموعه اندیشه‌های این حوزه را در قالب اظهارنظرهای رسمی[۲۶] منسجم و یکپارچه کرده و ارائه کند.

بنتزن[۲۷] (۲۰۰۴) در مقاله‌ای با عنوان « **تخمین اثرات بازگشتی انرژی مصرفی در صنایع ایالت متحده»** بیان می‌کند که پس از بحران انرژی در سال ۱۹۷۰، تحقیقات مربوط به ذخیره و کاهش مصرف انرژی برای مقابله با اثرات بازگشتی کارایی انرژی افزایش یافت. بنتزن برای برآورد اثرات بازگشتی مصرف انرژی صنایع در آمریکا از روش حداقل مربعات پویا (DOLS) و همچنین از داده‌های سال‌های ۱۹۴۹ تا ۱۹۹۹ استفاده کرده است. با استفاده از اثرات متقاطع قیمتی یا کشش قیمتی متقاطع، اثرات بازگشتی بخش صنایع در آمریکا حدود ۲۴ درصد به‌دست آمده است که از نظر نویسنده با توجه به اثرات بازگشتی سایر بخش‌ها عدد بالایی است. در نهایت بنتزن بیان می‌کند در صورت رشد بخش صنایع، تا زمانی که اثرات بهبود کارایی کمتر از اثرات قیمت خدمات انرژی است، با سیاست‌هایی مانند مالیات بر انرژی، می‌توان هزینه خدمات انرژی و به طبع آن مصرف انرژی را ثابت نگه داشت.

هرتویچ (۲۰۰۵) در مقاله‌ی خود با عنوان **«مصرف و اثرات بازگشتی»** به تحلیل و بررسی اثرات بازگشتی می‌پردازد. او در مقاله‌ی خود بیان می‌کند که اثرات بازگشتی دربرگیرنده‌ی واکنش‌های رفتاری و سیستمی به کاهش هزینه‌ی خدمات انرژی در نتیجه‌ی بهبود کارایی است. اثرات بازگشتی همان‌طور که در اقتصاد انرژی تعریف شده است برای توصیف اثرات ثانویه‌ای که مورد توجه علاقه‌مندان به محیط‌زیست و مصرف پایدار هستند نارسا است. بنابراین مکانیسم‌ها و اثرات محیط‌زیستی چندگانه‌ی بیشتری باید در نظر گرفته شود. یکی از مواردی که می‌توان به آن پرداخت «پدیده‌ی بازگشتی» است که بیان می‌کند توجه به اثرات ناخواسته یا ثانویه منجر به کاهش اثرات اولیه مورد انتظار می‌شود. این اثرات خارج از مدل تعادل اقتصادی اتفاق می‌افتند: ارزیابی چرخه عمر

---

[۲۶] Assertions

[۲۷] -Jan Bentzen

(LCA) و اثرات محیط‌زیستی خانوار (HEI) می‌تواند اثرات بازگشتی مستقیم و همچنین اثرات جانبی مثبت و منفی را مورد توجه قرار دهد.

برنلاند[۲۸] و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی تحت عنوان «**افزایش کارایی انرژی و اثرات بازگشتی: اثرات بر مصرف و انتشار گازهای گلخانه‌ای**» در پی نشان دادن آن است که چگونه بهبود تکنولوژی و کارایی بر مصرف انرژی خانوارهای کشور سوئد و به‌موجب آن، انتشار گازهای گلخانه‌ای تاثیر می‌گذارد. در این پژوهش از مدل تقاضای تقریبا ایده‌آل و با استفاده از کشش‌های قیمتی و هزینه کل استفاده شده است. همچنین سه شرط و سناریو در نظر گرفته شده است: نخست این‌که تمام هزینه‌ها بین تمام کالاها توزیع و تقسیم می‌شود. دوم اینکه هزینه‌ها بین کالاهای بادوام شامل چهار گروه غذا، حمل و نقل، گرم‌کننده‌ها (برق، نفت) و سایر کالاها توزیع می‌شود. و سوم توزیع و تقسیم هزینه‌ها بین سایر گروه‌ها بجز چهار گروه بیان شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که بهبود ۲۰درصدی کارایی انرژی می‌تواند انتشار آلاینده کربن‌دی‌اکسید را تقریبا ۵ درصد افزایش دهد، که برای جلوگیری از این افزایش و به منظور ثابت نگه داشتن انتشار این نوع آلاینده در سطح ابتدایی خود، مالیات بر کربن دی اکسید باید ۱۳۰درصد افزایش یابد. مطابق نتایج به‌دست آمده این افزایش در مالیات باعث کاهش انتشار آلاینده سولفوردی‌اکسید و افزایش در انتشار آلاینده‌ی نیتروژن‌اکسید نسبت به سطح اولیه‌ی خود می‌شوند. بنابراین اگر زیان نهایی ناشی از این دو آلاینده ناپایدار و مثبت باشد، سیاست‌های دیگری جدای از مالیات بر آلاینده‌ها نیاز است.

هرینگ و روی (۲۰۰۷) در مقاله خود با عنوان «**نوآوری تکنولوژیکی، طراحی کارایی انرژی و اثر بازگشتی**» به دنبال پاسخ به این سوال هستند که آیا نوآوری برای تولید محصولات و سیستم‌های کارآمدتر باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود؟ در این مقاله بیان می‌شود که اگرچه پذیرفتن محصولات و سیستم‌های کاراتر باعث کاهش مصرف انرژی در کوتاه‌مدت (بین ۱۰ تا ۲۰درصد) می‌شود، اما به دلیل

---

[۲۸] -Runar Bra¨nnlund

افزایش سطح مصرف ناشی از رشد متوسط درآمد (بین ۱ تا ۲ درصد در سال)، این کاهش مصرف پس از مدتی از بین می‌رود.

سورل و دیمیتروپولوس[۲۹] (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان «**اثر بازگشتی: تعاریف اقتصاد خردی، محدودیت‌ها و توسعه**» با استفاده از مطالعات پیشین تعاریف دقیق‌تری از اثرات بازگشتی ارائه می‌کنند. در این مقاله تمرکز بر اثر مستقیم بازگشتی است و به اثرات غیرمستقیم و گسترده اقتصادی اشاره‌ای نمی‌شود. فروض اساسی در این مقاله عبارت‌اند از: نخست، هزینه‌های سرمایه بخش مهمی از کل هزینه‌های ارائه‌ی خدمات انرژی را تشکیل می‌دهند. دوم، کارایی انرژی باید به عنوان یک متغیر درون‌زا مورد استفاده قرار گیرد و برآوردهای تجربی از اثر بازگشتی ممکن است نیازمند یک مدل شامل معادلات همزمان برای تعیین هماهنگی مشترک میان متغیرهای کلیدی باشد. نویسنده در این مقاله هشت تعریف و فرمول متفاوت تحت شرایط مختلف برای محاسبه اثر مستقیم بازگشتی ارائه کرده است. . نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بسیاری از برآوردهای اثر بازگشتی مستقیم بر پایه‌ی کشش قیمتی هستند که این تحلیل‌ها اثرات بازگشتی را بیش از حد به‌دست می‌آورند. عوامل مؤثر بر این امر عبارتند از: عدم تقارن کشش‌های قیمتی تخمین زده شده؛ همبستگی مثبت بین کارایی انرژی و سایر مقادیر هزینه‌های نهاده؛ نقش قیمت ناشی از بهبود کارایی؛ درون‌زا بودن کارایی انرژی و همبستگی منفی بین کارایی و کارایی زمان.

لئو و لئو[۳۰] در (۲۰۰۸) در پژوهشی تحت عنوان «**اثر بازگشتی مصرف انرژی ناشی از پیشرفت تکنولوژیکی در چین**» با استفاده از داده‌های پانلی استان‌های چین برای سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵ به آزمون ریشه واحد و هم‌جمعی پرداخته و اثرات بازگشتی مصرف انرژی چین را مورد بررسی قرار داده است. همچنین با استفاده از رویکرد باقیمانده‌ی سولو سهم نرخ پیشرفت تکنولوژی را در مناطق مختلف

[۲۹] -John Dimitropoulos

[۳۰] -Yuan-yuan LIU & Feng-chao LIU

مشخص نموده‌است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که متوسط اثر بازگشتی برای دوره بررسی شده در چین به ترتیب برابر با ۵۳/۶۸، ۴۵/۲۷، ۵۰/۳۳، و ۵۸/۹۶درصد برای کل کشور، منطقه شرقی، منطقه مرکزی و منطقه غربی بوده است. با توجه به مقدار اثر بازگشتی می‌توان نتیجه گرفت که پیشرفت تکنولوژیکی نه تنها رشد اقتصادی را در پی خواهد داشت، بلکه باعث کاهش مصرف انرژی نیز خواهد شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، محقق بیان می‌کند که با توجه به شکست بازار، قیمت انرژی باید با اعمال مالیات بر مصرف انرژی و سایر سیاست‌های مؤثر بر تقاضای انرژی تنظیم شود. در نهایت برای حل مشکل محدودیت انرژی باید به مسئله توسعه‌ی متوازن و و هماهنگ بین مناطق اقتصادی و پیشرفت تکنولوژیکی در مناطق مختلف توجه بیشتری شود.

گونزالس (۲۰۱۰) در پژوهشی با عنوان «**شواهد تجربی اثر مستقیم بازگشتی در کاتالونیا**» به تجزیه و تحلیل جنبه‌های نظری و روش‌شناسی و در نهایت برآورد مقدار و شدت اثر مستقیم بازگشتی برای خدمات انرژی برق مصرفی در خانوارهای کاتالونیا (اسپانیا) با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی (OLS) و داده‌های پانلی می‌پردازد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده‌ی اثر مستقیم بازگشتی ۳۵درصد در کوتاه مدت و ۴۹ درصد در بلند مدت است.

اویانگ[۳۱] و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله خود با عنوان «**اثر بازگشتی در کارایی انرژی خانوار چینی و راه حل مقابله با آن**» به بررسی اثرات بازگشتی کارایی انرژی خانوارها در کشور چین و همچنین اثرات منفی آن بر تقاضا می‌پردازد. در این مقاله اثر بازگشتی بهبود کارایی انرژی خانوارهای کشور چین حداقل ۳۰ درصد به‌دست آمده که به اعتقاد نویسندگان در مقایسه با سایر کشورها مقدار قابل ملاحظه‌ای است. در نهایت در این مقاله پنج روش قابل اجرا برای مقابله با اثرات بازگشتی توصیه شده که به ترتیب اولویت عبارتند از: ۱- توسعه‌ی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر ۲- افزایش قیمت انرژی ۳- بهبود کارایی انرژی ۴- ایجاد سیستم قیمت انرژی عقلایی ۵- تغییر رفتار مصرف کننده.

---

[۳۱] - Ouyang

گونزالس (۲۰۱۱) در پژوهشی دیگر تحت عنوان «**روش‌های تخمین تجربی اثر مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی از تغییرات تکنولوژیکی صرفه‌جویی انرژی در خانوارها**» به تعریف اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی می‌پردازد. گونزالس در این مقاله اثر بازگشتی را این‌گونه تعریف می‌کند: اثر بازگشتی به مجموعه‌ای از مکانیسم‌ها اشاره دارد که به‌وسیله‌ی بهبود کارایی، هزینه‌ی خدمات انرژی را کاهش می‌دهد و در نتیجه موجب افزایش مصرف انرژی خانوارها می‌شود. این اثر باعث خنثی شدن جزئی و یا کامل کاهش مصرف به‌دست آمده توسط بهبود کارایی می‌شود. مقاله مزبور همچنین روشی برای برآورد اثر مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی کارایی انرژی برای خانوارهای کاتالونیا نیز معرفی می‌کند. این روش بر پایه‌ی ترکیبی از برآوردهای اقتصادسنجی تابع تقاضای انرژی، مدل‌سازی بازمصرفی و مدل‌سازی داده-ستانده‌ی تعمیم‌یافته انرژی است. اثر مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی در این تحقیق با استفاده از کشش درآمدی تقاضای انرژی در کوتاه مدت بین ۵۵/۷۹ و ۵۶/۴۷ و با استفاده از کشش قیمتی تقاضای انرژی در بلند مدت بین ۶۴/۷۷ و ۶۵/۳۱ تخمین زده شده است. این نتایج بیان می‌کنند که اگر کارایی مصرف انرژی در کاتالونیا به میزان ۱۰ واحد افزایش یابد، مصرف انرژی در کوتاه مدت بین ۴/۴ و ۴/۵ واحد، و در بلند مدت بین ۳/۵ و ۳/۶ واحد کاهش خواهد یافت.

دراکمن[۳۲] و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان «**گم شدن کربن کاهش یافته؟ بررسی اثرات بازگشتی و معکوس در خانوارهای بریتانیا**» به بررسی اثر بازگشتی مصرف انرژی خانوارهای بریتانیا (در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای) می‌پردازد. با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی برای تخمین هزینه‌ی خانوارها و انتشار گازهای گلخانه‌ای آن‌ها، و همچنین مدل‌سازی بازمصرفی، مقدار اثرات بازگشتی ۳۴ درصد تخمین زده شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با هدف قرار دادن مصرف مجدد بر روی کالاها و خدماتی که شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای در آن‌ها پایین است، انتشار آلاینده‌ها حداقل ۱۲درصد کاهش می‌یابد، در حالی که اگر مصرف مجدد بر روی کالاها و

[۳۲] -Angela Druckman

خدماتی که شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای در آن‌ها زیاد است انجام شود، اثر معکوس رخ خواهد داد و موجب افزایش انتشار این نوع آلاینده‌ها می‌شود.

توماس و آزوودو (۲۰۱۳) در تحقیق خود با عنوان «**تخمین اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی برای خانوارهای ایالت متحده به وسیله تحلیل داده-ستانده: چارچوب نظری**» به تحلیل اثرات غیرمستقیم بازگشتی با توجه به یک برآورد از اثرات مستقیم بازگشتی و با استفاده از تحلیل داده-ستانده تعمیم یافته‌ی محیط‌زیستی می‌پردازد. در این مطالعه نشان داده شده که اثر غیرمستقیم بازگشتی توسط قید بودجه‌ی خانوار محدود شده است و با اثر مستقیم بازگشتی به‌طور معکوس در ارتباط است. همچنین به مقایسه مدل هزینه‌ی نسبی و کشش درآمدی هزینه‌ها با مدل کشش قیمتی متقاطع خود که دربرگیرنده‌ی هر دو اثر جایگزینی و درآمدی برای محاسبه اثر غیرمستقیم برگشتی است می‌پردازد. فروض این تحقیق عبارتند از: هزینه‌های افزایش سرمایه صفر است، و همان انرژی تجدید شده به عنوان تکنولوژی معمول برای وسایل کارآمد، فرض شده است. این مقاله بخش اول از یک تحقیق و پژوهش دو بخشی است که بخش دوم آن هنوز منتشر نشده است.

یومینگ (۲۰۱۳) در مقاله‌ای با عنوان «**کارایی انرژی و اثرات بازگشتی: یک تحلیل اقتصاد سنجی از تقاضای انرژی در بخش ساختمان‌های تجاری**» به بررسی اثرات بازگشتی بهبود فنی کارایی انرژی در بخش ساختمان در ایالت متحده می‌پردازد. نویسنده بیان می‌کند که عدم اطمینان از اثرات بازگشتی می‌تواند مانع از اتخاذ سیاست‌های مربوط به کارایی انرژی توسط سیاست‌گذاران شود. براساس مدل ساختاری پذیرش تکنولوژی[۳۳]، نتایج تجربی حاصل از این مقاله نشان می‌دهد که بر اثر بهبود کارایی انرژی در بخش ساختمان، مصرف برق می‌تواند در حدود ۳۵درصد و مصرف گاز طبیعی در حدود ۵۰ درصد کاهش یابد. این برآورد با استفاده از داده‌های سال ۲۰۰۳ در بخش بررسی مصرف انرژی ساختمان تجاری (CEBC) به‌دست آمده است.

[33] - Structural Model of Technology Adoption

لین و لی[۳۴] **(۲۰۱۴)** در مطالعه‌ای تحت عنوان «**اثر بازگشتی برای صنایع سنگین: یک مشاهده تجربی از چین**» به تخمین و بررسی اثر بازگشتی مستقیم در بخش صنایع بزرگ در کشور چین می‌پردازد. چین به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی جهان شناخته شده است که بیش از ۶۵ درصد آن در صنایع بزرگ استفاده می‌شود. مدل استفاده شده حداقل مربعات پویا است. در این مدل به پاسخ‌های قیمت نامتقارن برای تخمین اثرات بازگشتی پرداخته شده است. اثر بازگشتی برای صنایع بزرگ چین در این مقاله ۷۴/۳ درصد برآورد شده است. این نشان می‌دهد که بهبود کارایی انرژی می‌تواند انرژی را تا زمانی که اثرات بازگشتی کم‌تر از ۱۰۰درصد باشد، صرفه‌جویی کند، اما بیشتر کاهش مورد انتظار در مصرف صنایع بزرگ، جبران می‌شود. در این پژوهش همچنین بیان می‌شود که برای تأثیرگذاری بهبود کارایی و رسیدن به کاهش مصرف مورد انتظار، نیاز به اصلاح سیاست‌های قیمت‌گذاری انرژی و مالیات بر انرژی است.

ویوانکو و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با عنوان «**اثر بازگشتی زیست محیطی قابل‌توجه از ماشین‌های برقی**» به دنبال ارائه‌ی یک چارچوب تصحیح شده و عملی برای مدل‌سازی اثر بازگشتی محیط‌زیستی (ERE) با یک رویکرد اقتصاد خرد به‌وسیله‌ی تفاوت هزینه‌ی ماشین‌های برقی (از لحاظ تغییرات شاخص‌های محیط‌زیستی چرخه‌ی حیات) است. چارچوب تحلیلی این مطالعه بر پایه‌ی ارزیابی مصرف نهایی و آنالیزچرخه‌ی حیات هیبریدی (LCA) است. مدل‌های برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی محیط‌زیستی در این مطالعه شامل دو زیر مجموعه است: زیرمجموعه اول (زیرمجموعه‌ی تقاضا) تغییرات تقاضا را باتوجه به تفاوت قیمت‌ها (به ترتیب معادله‌ی کشش کارایی و مدل مصرف نهایی) محاسبه می‌کند. زیر مجموعه‌ی دوم، واحدهای تقاضا را به شاخص‌های محیط‌زیستی تبدیل می‌کند. نتایج حاصل شده به تأثیر قابل توجه اثر بازگشتی محیط‌زیستی بر سطح تولید بخش محیط‌زست اشاره دارد.همچنین درمورد خودروهای پلاگین هیبرید برقی (PHE)، اثر بازگشت

[۳۴] -Boqiang Lin & Jianglong Li

محیط‌زیستی (ERE) باعث افزایش تقاضای نهایی و فشارهای محیط‌زیستی به علت کاهش در هزینه‌ی استفاده از این تکنولوژی شده است. برای خودروهای باتری تمام برقی (FBE) و سلول سوخت هیدروژنی (HFC) هزینه‌های بالای سرمایه باعث کاهش قابل توجهی در برخی از شاخص‌های محیط‌زیستی شده است (اثر بازگشتی منفی).

وانگ و لو[۳۵] (۲۰۱۴) در مطالعه‌ی خود با عنوان «**یک مطالعه‌ی تجربی از اثرات مستقیم بازگشتی در بخش حمل و نقل جاده‌ای در چین**» با بهره‌گیری از معادله‌ی رگرسیون دوگانه لگاریتمی و یک مدل تصحیح خطا و همچنین با استفاده از داده‌های پانلی برای ۳۱ استان برای سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۱ به برآورد مقدار اثر بازگشتی مستقیم کوتاه مدت و بلند مدت در چین پرداخته‌است. مقدار اثر مستقیم بازگشتی در بخش حمل و نقل جاده‌ای برای کل کشور چین، مناطق شرقی، مرکزی و غربی در بلند مدت به ترتیب ۸۴، ۵۲، ۸۰ و ۷۸ درصد محاسبه شده است. که نشان می‌دهد بخش قابل توجهی از کاهش مورد انتظار ناشی از بهبود کارایی به دلیل وجود اثرات مستقیم بازگشتی جبران شده است. بدین معنی که سیاست‌های بهبود کارایی به اندازه مورد انتظار، تاثیرگذار و کارا نیستند. درنهایت نتیجه‌گیری می‌کنند که اثر مستقیم بازگشتی در بخش حمل ونقل جاده‌ای به سمت کم‌تر شدن می‌رود، زیرا نرخ رشد شهرنشینی در حال کاهش است.

وانگ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای دیگر تحت عنوان «**اثر مستقیم بازگشتی بر مصرف برق خانوارهای شهری چین**» به صورت تجربی و با استفاده از داده‌های پانلی ۳۰ استان از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ و با ایجاد یک معادله‌ی هم‌جمعی و یک مدل تصحیح خطای پانلی به تحلیل اثر مستقیم بازگشتی در خانوارهای شهری چین می‌پردازد. نتایج وجود یک اثر مستقیم بازگشتی مشهود را بیان می‌کنند که مقدار آن در بلند مدت و کوتاه مدت به‌ترتیب ۷۴ و ۷۲ درصد محاسبه شده‌است. بنابراین، اثرات مستقیم

[۳۵] -Zhaohua Wang & Milin Lu

بازگشتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد سیاست‌های کارایی انرژی را تضعیف می‌کنند. به‌همین دلیل تأکید می‌شود که دولت چین هنگام اتخاذ سیاست‌های انرژی، این اثرات را در نظر بگیرد.

گیلینگام[۳۶] و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان «**اثر بازگشتی و سیاست کارایی انرژی**» از یک مثال ساده برای بیان مفهوم اثرات بازگشتی استفاده می‌کنند: خرید خودروی با مصرف سوخت کاراتر، رانندگی بیشتر. و همچنین بیان می‌کند که وجود اثر بازگشتی در بلند مدت واضح و روشن است. در این مقاله به روش‌های اندازه‌گیری اثرات بازگشتی و تعاریف آن، مانند استفاده از اثرات درآمدی و جایگزینی برای تخمین اثرات بازگشتی می‌پردازد. در این پژوهش چارچوبی ارائه شده که سه نتیجه مهم در مورد اثرات بازگشتی در سطح کلان اقتصادی از آن حاصل می‌شود: نخست، اگر چه اثرات قیمت در سطح کلان ممکن است بزرگ و قابل توجه باشد، اما همیشه باید کمتر از ۱۰۰درصد باشد. دوم، بازگشت براساس توزیع مجدد کوچک‌تر از اثر قیمت‌ها است. سرانجام، نوآوری و بهره‌وری تاثیر چندانی بر اثرات بازگشتی ندارد.

ژانگ و پنگ[۳۷] (۲۰۱۶) در پژوهشی تحت عنوان «**بررسی اثرات مستقیم بازگشتی در مصرف برق خانوارها**» با استفاده از مدل آستانه‌ی پانلی در طول دوره‌ی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳، اثرات مستقیم بازگشتی مصرف برق خانگی چین را در چند گروه و دسته‌بندی مختلف بررسی می‌کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که:اول، اثرات مستقیم بازگشتی (RE) مصرف برق خانوار در چین به‌طور متوسط در حدود ۷۲ درصد است. دوم، اثرات مستقیم بازگشتی در گروه درآمدی پایین حدود ۶۵ درصد و در گروه درآمدی بالا حدود ۵۵درصد است، و افزایش در تولید ناخالص داخلی سرانه ممکن است اثرات مستقیم بازگشتی را کاهش دهد. سوم، اثر مستقیم بازگشتی در روزهای با درجه حرارت پایین درحدود ۷۵درصد، و در روزهای با درجه‌ی بالاتر تقریبا ۹۰ درصد است، و کاهش درجه‌ی هوا

---

[۳۶] -Kenneth Gillingham

[۳۷] -Yue-Jun Zhang & Hua-Rong Peng

ممکن است اثرات مستقیم بازگشتی را کاهش دهد. چهارم، اثر مستقیم بازگشتی در گروه بارندگی پایین ۶۸ درصد و در گروه بارندگی شدید ۸۶ درصد است، و کاهش بارندگی ممکن است اثرات مستقیم بازگشتی را کاهش دهد. و درنهایت، تولید ناخالص داخلی سرانه و جمعیت اثر مثبت قابل توجهی بر مصرف برق خانوار دارند.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای با عنوان «**اثر مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی CO2 برای خودروهای شخصی در کشور چین**» با استفاده از یک مدل تقاضای تقریبا ایده‌آل (AIDS[۳۸]) دومرحله‌ای اثر بازگشتی کل CO2 برای اتوموبیل‌های شخصی کشور چین طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ در سطح استان را برآورد کرده، سپس با استفاده از یک مدل داده‌های پانلی عوامل مؤثر بر آن را تعیین نموده است. نتایج این مقاله نشان می‌دهد: نخست، انتشار CO2 از خودروهای شخصی، هم اثر حفاظتی شدید، هم اثر بازگشتی جزئی و هم اثر معکوس در بین استان‌های چین دارد. و اثر مستقیم بازگشتی CO2 نقش مهمی در اثر کل بازگشتی در اکثر استان‌ها دارد. دوم، اثر کل بازگشتی CO2 خودروهای شخصی چین، یک روند همگرا را در بین استان‌های چین در طول زمان طی می‌کند. و سرانجام، هزینه‌های خانوار و تراکم جمعیت به ترتیب تأثیر منفی و مثبتی بر اثر بازگشتی کل CO2 برای ماشین‌های شخصی چین دارند.

گونزالس و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای تحت عنوان «**ساختار اقتصادی و صرفه‌جویی انرژی از کارایی انرژی در خانوار**» به بررسی اثرات بازگشتی و تحلیل مکانیسم ناشی از بهبود کارایی انرژی خانوار در کاتالونیا (اسپانیا) می‌پردازد. همچنین رابطه‌ی بین بهبود کارایی انرژی در خانوار، مصرف و ساختار اقتصادی در چارچوب مدل داده-ستانده و همچنین رابطه‌ی بین اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی را بررسی می‌کند، و محدودیت‌های مدل داده-ستانده را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در این مقاله از مدل بازمصرف نیز برای تخمین اثرات بازگشتی استفاده شده است. این تخمین‌ها تحت

[۳۸] -Almost Ideal Demand System

سناریوهای مختلفی انجام شده است که نتایج حاصل از آن نشان می‌دهد که، اگر کشش قیمتی تقاضا برای انرژی برابر با صفر باشد، در بدترین حالت اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی برابر با ۳۸۶/۲۹ درصد، و در بهترین حالت برابر با ۴/۴۶ درصد خواهد بود. اگر کشش قیمتی برابر با ۱ باشد (اثر مستقیم بازگشتی برابر با ۱۰۰ درصد) اثر مستقیم و غیر مستقیم بازگشتی نیز برابر با ۱۰۰ درصد خواهد بود. همچنین نتایج این تحقیق یک رابطه‌ی معکوس بین اثرات مستقیم بازگشتی و اثرات غیر مستقیم بازگشتی را بیان می‌کنند.

گونزالس (۲۰۱۷) در تحقیق دیگری تحت عنوان «**شواهدی از اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی در خانوار**» به تخمین اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی برای ۲۷ کشور اروپایی با استفاده از ترکیبی از روش‌های برآورد اقتصادسنجی، تحلیل داده-ستانده‌ی محیط‌زیستی تعمیم یافته و مدل‌های بازمصرف توسعه‌یافته می‌پردازد. نتایج حاصل بیان می‌کنند که اگرچه در اکثر اقتصادها مقدار حال حاضر این اثرات کمتر از ۱۰۰درصد است، اما هفت کشور وجود دارد که مقدار اثرات بازگشتی آن بالاتر از این حد بحرانی است. همچنین مقدار میانگین اثر بازگشتی برای کل اتحادیه‌اروپا بین ۷۳/۶۲ و ۸۱/۱۶ برآورد شده است. در نهایت نویسنده بیان می‌کند که اگر فشارها و اقدامات مربوط به کارایی به دنبال کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از تغییرات آب و هوایی هستند، باید سیاست‌های انرژی در سطح اروپا مورد بازنگری قرار گیرند.

گونزالس و ویوانکو (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان «**تأثیر کارایی انرژی بر مصرف سایر منابع طبیعی**» با استفاده از یک دیدگاه داده-ستانده، به تأثیر بهبود کارایی بر مصرف سایر منابع طبیعی به دلیل وجود یک مکانیسم مشابه با اثرات غیرمستقیم بازگشتی در کاتالونیا می‌پردازد. این اثر به‌عنوان اثر مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی متقاطع شناخته می‌شود. در این مقاله با استفاده از ترکیبی از مدل‌های اقتصاد سنجی برای تخمین اثر مستقیم بازگشتی، مدل‌های بازمصرفی و مدل‌های داده-ستانده‌ی تعمیم یافته به بررسی اثرات بازگشتی متقاطع پرداخته شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد

که کارایی انرژی در خانوارها می‌تواند مصرف مواد معدنی و آب را افزایش دهد، در حالی که مصرف انرژی، سوخت‌های فسیلی و سنگ‌های معدنی را کاهش می‌دهد، که این کاهش نیز کمتر از مقدار مورد انتظار اولیه است. اثرات متقاطع بازگشتی به‌دست آمده در این تحقیق بین ۶۴/۶ تا ۷۴/۷درصد برای انرژی، بین ۴۸ تا ۶۳ برای سوخت‌های فسیلی، و همچنین اثرات معکوس بین ۱۱۹۱ تا ۱۶۲۸درصد برای آب و بین ۱۴۷ تا ۱۳۴درصد برای مواد معدنی قرار دارد.

۲-۵-۲ مطالعات داخلی

مطالعات داخلی پیرامون کارایی انرژی و اثرات آن بطور محدود انجام شده است که در ادامه به آنها اشاره شده است:

منظور و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی تحت عنوان «**تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران**» با استفاده از روش تعادل عمومی محاسبه‌پذیر به بررسی عوامل مؤثر بر میزان اثرات بازگشتی در تقاضای برق و اندازه‌گیری شدت این اثرات در اقتصاد ایران، با فرض بهبود کارایی در مصارف برق در بخش‌های خانگی و تولیدی به صورت برون‌زا و بدون هزینه، با استفاده از ماتریس داده‌های خرد، که از ماتریس حسابداری اجتماعی کشور در سال ۱۳۸۰ استخراج می‌شود پرداخته است. بر اساس نتایج این مطالعه در سناریوی پایه، بهبود کارایی در مصارف برق به طور متوسط ۱۴/۲ درصد اثرات بازگشتی را به همراه دارد. یعنی ۱۴/۲ درصد از کاهش مصرف مورد انتظار ناشی از بهبود کارایی به دلیل اثرات بازگشتی خنثی می‌شود. اثرات بازگشتی در بخش‌های مختلف اقتصادی نیز محاسبه شده است که بخش نفت و گاز دارای بیشترین اثر بوده‌اند. همچنین میزان حساسیت تأثیر کشش جانشینی بین نهاده‌ی برق و سوخت‌های فسیلی حاکی از آن است که چنان‌چه کشش جانشینی بین ۰/۱ و ۰/۹ تغییر کند، اثرات بازگشتی در بازه‌ی ۱۱/۶ تا ۱۴/۱۴ نوسان می‌کند.

خوش‌کلام خسروشاهی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با عنوان « **اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران با تأکید بر بخش حمل و نقل**» و با استفاده از روش تعادل عمومی

قابل محاسبه و همچنین با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۵ به بررسی اثر بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل به میزان ۱۰ درصد بر بخش‌های مختلف اقتصادی پرداخته است. نتایج و برآوردهای این تحقیق نشان می‌دهد که بخش حمل و نقل جاده‌ای دارای بیشترین اثر بازگشتی به میزان ۲۷/۴۵ درصد برای مصرف بنزین و ۲۵/۲۱ درصد برای مصرف گازوئیل است. متوسط کل اثرات بازگشتی ۱۲/۹۵ درصد برای مصرف بنزین و ۱۳/۷۹ درصد برای مصرف گازوئیل است. در نهایت نشان می‌دهد که، در اثر بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف بنزین و گازوئیل، تولید ناخالص داخلی به میزان ۰/۰۳ درصد رشد خواهد داشت.

خوش‌کلام خسروشاهی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای دیگر با عنوان « **اثرات بازگشتی مربوط به بخش-های اقتصادی و خانوارها در نتیجه‌ی ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل**» با استفاده از مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۵، اثرات بازگشتی ناشی از ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل تحت سه سناریوی ارتقاء کارایی ۵ درصدی، ۸ درصدی و ۱۰ درصدی را در بخش‌های مختلف اقتصادی و خانوارها مورد بررسی قرار داده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تحت هر سه سناریو، ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل، باعث ایجاد اثرات بازگشتی در بخش‌های مختلف اقتصادی و خانوارها می‌شود. به‌طوری که بخش حمل و نقل ریلی در هر سه سناریو به ترتیب با مقادیر ۴۸/۳ ، ۳۳/۸ و ۲۵/۶ درصد دارای بیشترین اثر بازگشتی بوده است. اثرات بازگشتی در خانوارهای شهری نیز تحت سه سناریو به ترتیب دارای مقادیر ۳/۰۱، ۲/۵ و ۱/۷ درصد و در خانوارهای روستایی به ترتیب دارای مقادیر ۵/۴، ۳/۱۳ و ۱/۹ درصد است. تولید ناخالص داخلی نیز در نتیجه‌ی ارتقا ۵، ۸. و ۱۰ درصدی به ترتیب به میزان ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۲ و ۰/۰۱۵ افزایش خواهد یافت.

بزازان و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود با عنوان «**اثرات بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی‌بر**» و با استفاده از مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر پویای بین زمانی به شبیه‌سازی یک دوره بلندمدت ۶۰ ساله باتوجه به دو سناریوی بهبود کارایی به میزان ۳/۱ درصد برای صنایع

انرژی‌بر (سناریوی اول) و برای تمام بخش‌ها (سناریوی دوم) پرداخته است. نتایج حاصل از این پژوهش بیان می‌کند که در صنایع انرژی‌بر اثرات بازگشتی حاصل از بهبود کارایی وجود دارد و باعث کاهش تقاضای سوخت‌های فسیلی شده است. اما در سناریوی دوم، بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی به ایجاد اثرات بازگشتی در سال‌های نخست و اثرات معکوس، عمدتا از سال‌های بیستم به بعد می‌انجامد. در این پژوهش همچنین نشان داده شده است که صنایع مواد و محصولات شیمیایی و کانی‌های غیر فلزی از بیشترین کاهش قیمت تمام شده در اثر کاهش هزینه‌های انرژی معادل ۱/۱ درصد و ۰/۷ درصد برخوردار هستند.

دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله ای با عنوان «**برآورد و تحلیل اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل ونقل جاده‌ای ایران**» با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته و همچنین با بهره‌گیری از مدل کشش قیمتی تقاضای سوخت به بررسی اثرات بازگشتی مستقیم می‌پردازد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش حاوی اطلاعات استان‌های کشور از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ است. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و نفت گاز به ترتیب ۶ و ۲ درصد بوده است. نتایج حاصل از این مقاله بر کم کشش بودن تقاضای سوخت نسبت به قیمت آن دلالت دارد.

سالم و اکابری تفتی (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با عنوان «**برآورد اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران**» و با استفاده از روش کشش قیمتی تقاضای انرژی برق و فرم تبعی سیستم معادلات تقاضای تقریبا ایده‌آل با لحاظ مشخصات اقتصادی و اجتماعی خانوارها و همچنین با توجه به داده‌های تلفیقی و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط و به کارگیری اطلاعات نزدیک به ۱۸۰ هزار خانوار شهری طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ به تخمین اثرات بازگشتی مستقیم پرداخته است. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف برق خانوارها نسبت به سایر انرژی‌های مورد استفاده از رقم بسیاری برخوردار است. مطابق با نتایج به‌دست آمده مقدار اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف برق برای خانوارهای شهری برابر

با ۸۱ درصد است. همچنین این مطالعه به محاسبه اثرات بازگشتی در بین گروه‌های درآمدی پرداخته است که نشان می‌دهد این اثرات در بین خانوارهای ثروتمند بیشتر است. به این معنی که بهبود کارایی مصرف انرژی دربین خانوارهای ثروتمند کمتر باعث صرفه‌جویی می‌شود. این اثرات در بین خانوارهای کم درآمد، درآمد متوسط و پردرآمد به ترتیب برابر با ۰/۶۵، ۰/۶۶ و ۰/۷۸ است.

۲-۶ جمع‌بندی

در این پژوهش با استفاده از مفاهیم «اثر بازگشتی» و «اثر بازگشتی متقاطع» و با استفاده از رویکرد مبتنی بر مصرف به بررسی تأثیرات بهبود کارایی بر مصرف برق پرداخته شده است. در ابتدا نقش انرژی و به‌صورت ویژه انرژی الکتریکی در اقتصاد و تولید محصولات و خدمات، آلودگی محیط‌زیست و تغییرات آب و هوایی بیان شده است. سپس به تعریف کارایی به‌عنوان سیاستی برای کنترل این شاخص‌ها و همچنین اهمیت و نقش آن در تغییر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی پرداخته شده است. همچنین اثرات ناشی از کارایی، مفاهیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی و اثر بازگشتی متقاطع تعریف و تبیین شده اند. درنهایت در این فصل به مرور مهم‌ترین مطالعات در رابطه با اثرات بازگشتی و اثرات بازگشتی متقاطع پرداخته شده است. بررسی این مطالعات نشان داده که این اثرات به‌طور واضح و روشنی وجود دارند و حتی در مواردی باعث ایجاد اثرات معکوس و افزایش مصرف می‌شود، و سیاست‌گذاران باید در اتخاذ سیاست‌های مربوط به کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی به این اثرات توجه کنند.

فصل سوم: روش تحقیق

۳-۱ مقدمه

پس از بیان مبانی نظری و ادبیات موضوع، برای دست‌یابی دقیق به اثرات بازگشتی و بازگشتی متقاطع، به ابزارهای دقیق و روش‌ها و مدل‌های قابل اطمینان نیازمندیم. به مجموعه‌ی این ابزار و قواعد، روش تحقیق می‌گوییم (عزتی، ۱۳۹۰). در این پژوهش با استفاده از ترکیبی از مدل‌های اقتصاد سنجی، مدل بازمصرفی و همچنین تحلیل داده-ستانده در چارچوب روابط بین بخشی اقتصادی به تحلیل و بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم پرداخته شده است. مدل داده-ستانده به خوبی چگونگی افزایش در تقاضای کل بخش‌های اقتصادی را در اثر افزایش در تقاضای یک بخش نشان می‌دهد. در نتیجه این مدل می‌تواند به‌عنوان یک روش قابل اعتماد و معتبر در این پژوهش مورد استفاده قرار گیرد.

در این فصل ابتدا یک رویکرد اقتصادسنجی و مدل پنل دیتا با روش حداقل مربعات[۱] (LS) برای تخمین اثرات مستقیم بازگشتی شرح داده شده، و سپس به تعریف و توضیح مدل‌های بازمصرفی[۲] و داده-ستانده[۳] پرداخته شده است. بخش بعدی نیز به نحوه‌ی جمع‌آوری داده‌های مصرف برق بخش‌های مختلف اقتصادی اختصاص یافته است. و درنهایت در بخش آخر یک جمع‌بندی کلی از فصل سوم بیان می‌شود.

۳-۲ اقتصاد سنجی

راگنار فریش، اقتصاددان و آمارشناس نروژی برای اولین بار اصطلاح «اقتصادسنجی» را در سال ۱۹۳۶ مورد استفاده قرار داد و در اولین شماره‌ی مجله ایکانامتریکا بیان می‌کند، یکی شدن آمار، تئوری اقتصادی و ریاضیات است که اقتصادسنجی را می‌سازد (ویکی پدیا). اقتصادسنجی با مطالعه‌ی نظام‌مند پدیده‌های اقتصادی با استفاده از داده‌های مشاهده شده سر و کار دارد و به تحلیل کلی و انتزاعی پدیده‌های اقتصادی بسنده نمی‌کند و به بررسی این پدیده‌ها با استفاه از روش‌های آماری

۱- least squares

۲- Re-spending

۳- Input-Output

می‌پردازد. از این رو در بسیاری از مطالعات تجربی برای انجام اموری همچون پیش‌بینی و کمک به سیاست‌گذاری به‌کار گرفته می‌شود.

اقتصادسنجی از یک طرف مبتنی بر تئوری‌های اقتصادی و از طرف دیگر مبتنی بر تئوری‌ها و روش‌های آماری است.

۳-۲-۱ مدل پنل دیتا

داده‌های ترکیبی، مجموعه‌ای از داده‌ها است که شامل چند مقطع و یک دوره‌ی زمانی است. مقطع می‌تواند بیانگر افراد، گروه‌ها استان‌ها، کشورها و ... باشد. دوره‌ی زمانی نیز می‌تواند روز، هفته، ماه، فصل و سال باشد. داده‌های ترکیبی به دلیل آن‌که هم تغییرات زمانی و هم تغییرات درون هر مقطع را منعکس می‌کند، می‌تواند اطلاعات بیشتری را منعکس نماید. بسیاری از نکاتی که در تحلیل داده‌های سری زمانی نادیده گرفته می‌شود، در تحلیل داده‌های ترکیبی روشن می‌شوند. به ویژه ناهمگنی‌هایی که غالبا در تحلیل‌های سری زمانی چشم‌پوشی می‌شود، در تحلیل داده‌های ترکیبی قابل مشاهده خواهد بود (سوری، ۱۳۹۴). با توجه به این‌که داده‌های ما از نوع داده‌های ترکیبی شامل ۲۸ مقطع (استان) و ۱۵ سال است، در این پژوهش از مدل پنل دیتا با حداقل مربعات استفاده شده است. ادغام داده‌های سری زمانی و مقطعی و ضرورت استفاده از روش داده‌های ترکیبی ، سبب افزایش تعداد مشاهدات، بالا رفتن درجه آزادی، کاهش ناهمسانی واریانس و هم‌خطی بین متغیرها می‌شود. تخمین مدل‌های رگرسیونی با داده‌های ترکیبی مستلزم تعیین وضعیت عرض از مبدأها است (نوری بروجردی و همکاران، ۱۳۹۰). در تخمین داده‌های تلفیقی بیشتر بر عدم همگنی بین مقاطع تأکید می‌شود، که هدف آن متمایز کردن مقاطع از یکدیگر با استفاده از تخمین عرض از مبدأهای مختلف است. تمایز بین مقاطع به سه شکل ممکن است صورت پذیرد، اثرات مشترک

(پولینگ)، اثرات ثابت[۴] و اثرات تصادفی[۵] (فیض‌پور و حاجی خدازاده، ۱۳۹۵)

به‌طور کلی مدل رگرسیونی پنل دیتا به شکل زیر است:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha Z_i + \varepsilon_{it} \qquad (۱-۳)$$

که در آن X_{it} متغییر توضیحی است که هم در طول زمان و هم دربین مقاطع تغییر می‌کند. Z_i خصوصیات ویژه هر گروه را نشان می‌دهد. در واقع ناهمگنی‌های بین گروهی را منعکس می‌کند (سوری، ۱۳۹۴).

در داده‌های تابلویی (پنل) قبل از اقدام به برآورد مدل باید تشخیص دهیم که کدام یک از مدل‌های تلفیقی شامل رگرسیون تجمیعی، اثرات ثابت و اثرات تصادفی برای تخمین و استنتاج‌های آماری مناسب است:

۱- رگرسیون تجمیعی: اگر Z_i فقط شامل یک جمله ثابت باشد که برای همه‌ی گروه‌ها یکسان است. به‌عبارت دیگر Z_i برای تمام گروه‌ها قابل مشاهده باشد، در این صورت مدل زیر را خواهیم داشت:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha + \varepsilon_{it} \qquad (۲-۳)$$

که این معادله با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) قابل برآورد است.

۲- اثرات ثابت: دراین رویکرد اصطلاح "ثابت" به این معنا است که "درطول زمان تغییر نمی‌کند" ولی از یک مقطع به مقطع دیگر دچار تغییر می‌شود.

اگر Z_i مشاهده شده نباشد اما برای X_{it} همبستگی داشته‌باشد، در این صورت برای هر گروه یا مقطع یک عرض از مبدأ جدا (α_i) خواهیم داشت که معادله‌ی آن به شکل زیر خواهد بود:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \qquad (۳-۳)$$

---

[۴] -Fixed effect

[۵] -Random effect

در اینجا $\alpha_i = \alpha Z_i$ که تمام اثرات قابل مشاهده را در بر می‌گیرد و بیان‌گر یک میانگین شرطی قابل تخمین است. یعنی به‌جای αZ_i یک میانگین شرطی برای گروه i معرفی می‌کند که برابر با α_i است. به عبارت دیگر متغیر غیرقابل مشاهده‌ی Z_i را حذف کرده‌ایم و به جای آن α_i را قرار داده‌ایم. در نتیجه تخمین این معادله به روش حداقل مربعات معمولی منجر به ناسازگاری در نتایج به دلیل مشکل "متغیرهای حذف شده" می‌شود.

۳- اثرات تصادفی: اگر ناهمگنی‌های مقطعی قابل مشاهده نباشد، می‌توان فرض کرد که این ناهمگنی‌ها با متغیرهای توضیحی همبستگی ندارند. در این حالت فرض می‌کنیم که تفاوت‌های گروهی ناشی از عوامل تصادفی است. درنتیجه αZ_i را می‌توان تصادفی فرض نمود که مستقل از X_{it} است. برای هر متغیر تصادفی می‌توان نوشت:

$$\alpha Z_i = E(\alpha Z_i) + u_i \qquad (۴-۳)$$

این رابطه نشان می‌دهد که αZ_i از دو جزء تشکیل شده است: یک جزء مورد انتظار که فرض می‌کنیم برای همه مقاطع یکسان است و عوامل تصادفی نقشی در آن ندارند و درنتیجه آن را به‌صورت $\alpha=\mathrm{E}(\alpha \mathrm{Z_i})$ می‌نویسیم. دیگری جزء تصادفی است که به خاطر وجود عوامل تصادفی، در اطراف α نوسان می‌کند و آن را با u_i نشان می‌دهیم. بدین ترتیب در اثرات تصادفی معادله‌ی زیر را خواهیم داشت:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha + u_i + \varepsilon_{it} \qquad (۵-۳)$$

که u_i عنصر تصادفی مختص هر مقطع یا گروه است.

بدین ترتیب برای مشخص شدن نوع پنل دیتا باید سه نوع از مدل‌ها را بررسی کنیم که شامل اثرات یکسان، اثرات ثابت و اثرات تصادفی است.

۳-۲-۲ آزمون F

در داده‌های ترکیبی ابتدا باید تعیین کنیم که داده‌ها دارای عرض از مبدأهای یکسان برای مقاطع مختلف هستند (پول دیتا) یا دارای عرض از مبدأهای مختلف می‌باشند (پنل دیتا). بدین منظور از

آزمون F- لیمر استفاده می‌شود. در این حالت آزمون می‌کنیم که آیا اثرات گروهی متفاوت است (یعنی α_i متفاوتند) و یا یکسان هستند (یعنی α_i برابرند). بدین ترتیب فرضیه H_0 به‌صورت:

$\alpha_1 = \alpha_2 = \ldots = \alpha_n = \alpha$ است و می‌توان روش پولینگ را به‌کار برد. فرضیه‌ی H_1 نیز به‌صورت $\alpha_i \neq \alpha_j$ است. در روش F ابتدا با تلفیق کل داده‌ها به روش پول (اثرات یکسان)، الگو را برآورد می‌کنیم و مجموع مجذورات باقی‌مانده را به‌دست می‌آوریم. در مرحله‌ی بعد الگو را به‌صورت پنل و با استفاده از روش اثرات ثابت برآورد می‌کنیم و مجموع مجذورات را به‌دست می‌آوریم. سپس مقدار آماره‌ی F لیمر که به صورت زیر محاسبه می‌شود را با F جدولی مقایسه می‌کنیم:

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_{UR})/(N-1)}{\frac{RSS_{UR}}{nT} - K - n} \rightarrow F_{(N-1),(NT-N-K+1)} \qquad (۶-۳)$$

که در آن RSS_R[۶] مجموع مجذورات باقی‌مانده‌های مقید (داده‌های پول) و RSS_{UR}[۷] مجموع مجذورات باقی‌مانده‌های غیرمقید (داده‌های پنل) است. N تعداد کل مقاطع (استان‌ها)، T تعداد مشاهدات زمانی و K تعداد کل پارامترهای مورد برآورد است. بزرگ بودن آماره‌ی F لیمر به معنی رد شدن فرضیه‌ی H_0 است و نشان‌دهنده‌ی معنادار بودن اثرات ثابت خواهد بود. به عبارت دیگر تفاوت‌های گروهی معنادار خواهد بود.

اگر تفاوت‌های گروهی معنادار شود (پنل بودن مدل)، در مرحله بعد باید تعیین کنیم که مدل دارای اثرات ثابت است یا اثرات تصادفی (ابوذری و همکاران، ۱۳۹۳).

۳-۲-۳ آزمون هاسمن[۸]

برای تعیین اینکه مدل دارای اثرات ثابت است یا اثرات تصادفی، از آزمون هاسمن استفاده می‌شود که به‌صورت زیر است:

---

[۶] -Restricted Residual Sum of Squares

[۷] -Un Restricted Residual Sum of Squares

[۸] -Hausman test

$$W = (\beta_{GLS} - \beta_{LSDV})'(M_1 - M_0)^{-1}(\beta_{GLS} - \beta_{LSDV}) \quad (۷-۳)$$

به‌طوری که w دارای توزیع χ^2 با درجه‌ی آزادی R است. M_1 ماتریس کوواریانس براساس ضرایب مدل اثرات ثابت (β_{LSDV}) و M_0 ماتریس کوواریانس ضرایب مدل اثرات تصادفی (β_{GLS}) است. اگر M_0 و M_1 هم‌بستگی داشته باشند، β_{LSDV} و β_{GLS} به‌طور معناداری می‌توانند متفاوت باشند. فرضیه‌ی H_0 در این آزمون به‌صورت $E(u_i X_{it})=0$ است که بیان‌گر آن است که اثرات تصادفی برقرار است. اگر فرض صفر برقرار باشد، $M_1 - M_0 = 0$ خواهد بود. زیرا در مدل اثرات تصادفی هر دو سازگارند و تفاوت معناداری با هم ندارند. اگر مقدار آماری w کوچک باشد، فرض صفر رد نخواهد شد، پس مدل اثرات تصادفی انتخاب خواهد شد (سوری، ۱۳۹۴)

۳-۲-۴ سایر فروض

قبل از برآورد و تخمین مدل باید فروض و آزمون‌های تشخیصی را مورد بررسی قرار داد. این فروض عبارت‌اند از:

۳-۲-۴-۱ صفر بودن میانگین خطا

اولین فرض لازم این است که میانگین جملات خطا صفر باشد. وقتی میانگین خطا برابر صفر باشد، بدین معنی است که مقدار تخمین به‌طور متوسط برابر با مقدار واقعی آن است و درنتیجه خطای متوسط یا امید ریاضی خطا برابر صفر خواهد بود. اگر میانگین خطاها برابر صفر نشود، ضریب تعیین (R^2) ممکن است منفی شود. همچنین می‌تواند منجر به اریب شدید در تخمین شیب معادله شود. اگر معادله‌ی رگرسیون دارای عرض از مبدأ باشد، فرض $E(u_t)$ نقض نمی‌شود (سوری، ۱۳۹۴).

۳-۲-۴-۲ واریانس هم‌سانی

واریانس ناهمسانی بدین معنی است که واریانس جمله‌ی خطا (u_t) و به‌دنبال آن واریانس متغیر وابسته ثابت نیست و معمولا همراه با یک یا چند متغیر، افزایش می‌یابد. این ویژگی به‌ویژه در داده‌های مقطعی بسیار به‌چشم می‌خورد. واریانس ناهمسانی موجب می‌شود که تخمین‌زننده‌های OLS کارا نباشند. یعنی

حداقل واریانس را نداشته باشند. همچنین موجب می‌شود که آزمون فرضیه‌هایی که با t، F و χ^2 انجام می‌شوند، قابل اطمینان نباشند. آزمون‌های مختلفی برای تشخیص واریانس ناهمسانی از جمله آزمون بارتلت[۹]، آزمون گلدفلد-کوانت[۱۰]، آزمون گلجسر[۱۱]، آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن[۱۲]، آزمون بروش-پاگان[۱۳]، آزمون هروی[۱۴] وآزمون وایت[۱۵] وجود دارد. در صورت وجود واریانس ناهمسانی نیز می‌توان با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی (WLS[۱۶]) و یا حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS[۱۷]) مدل را تخمین زد (سوری، ۱۳۹۴).

۳-۲-۴-۳ عدم خودهمبستگی

همبستگی خطاها با یکدیگر را اصطلاحا خودهمبستگی می‌گویند که برای بررسی آن از برآورد خطاها (e_t) استفاده می‌شود. به‌طور کلی خودهمبستگی بیان‌گر رابطه‌ی بین خطاها با وقفه‌های آن است. رد این فرض می‌تواند منجر به ناکارا شدن تخمین‌زننده‌های OLS شود. در نتیجه در این شرایط برآوردهای OLS منجر به اریب در تخمین واریانس ضرایب متغیرها (β_t) می‌شود. خود همبستگی را می‌توان از روی نمودار تشخیص داد ولی این امر مشکل و نامطمئن خواهد بود. آزمون‌های تشخیص خودهمبستگی شامل آزمون دوربین-واتسون[۱۸] و آزمون بروش-گادفری[۱۹] است. آزمون دوربین-واتسون یکی از متداول‌ترین آزمون‌ها جهت تشخیص واریانس ناهمسانی است که در آن فرض H_0 به‌صورت $\rho = 0$ است که بیان‌گر عدم خودهمبستگی خواهد بود. آماره دوربین-واتسون به شکل زیر است:

---

۹ - Bartlett test
۱۰ -Goldfeld-Quandt test
۱۱ -Golejser test
۱۲ -Spearman’s rank correlation test
۱۳ -Breusch-Pagan test
۱۴ -Harvay test
۱۵ -White
16 - Weighted Least Squares
17 - Generalized Least Squares
۱۸ -Durbin-Watson test
۱۹ -Breusch-Godfery

$$DW=\frac{\sum_{t=2}^{n}(e_t-e_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^{n}e_t^2}=2[1-\frac{\sum_{t=2}^{n}e_te_{t-1}}{\sum_{t=2}^{n}e_t^2}] \quad (۸-۳)$$

$$\rho=\frac{\sum_{t=2}^{n}e_te_{t-1}}{\sum_{t=2}^{n}e_t^2} \quad (۹-۳)$$

$$DW = 2(1- \rho) \quad (۱۰-۳)$$

مقدار آماره دوربین-واتسون باید نزدیک به ۲ باشد، اما برای بحث دقیق در مورد وجود یا عدم وجود خودهمبستگی باید مقدار آماره‌ی دوربین-واتسون را با مقادیر بحرانی مقایسه کرد (سوری، ۱۳۹۴).

۳-۲-۴-۴ هم‌خطی

در اقتصادسنجی هم‌خطی چندگانه زمانی اتفاق می‌افتد که دو یا بیش از دو متغیر توضیح‌دهنده(مستقل) در یک رگرسیون چندمتغیره نسبت به یکدیگر از همبستگی بالایی برخوردار باشند. منظور از همبستگی در اینجا وجود یک ارتباط خطی بین متغیرهای مستقل است، بسته به شدت همبستگی بین متغیرهای مستقل، میزان و نوع هم‌خطی متفاوت خواهد بود.

۳-۲-۴-۵ نرمال بودن توزیع جمله‌ی خطا

یکی دیگر از فروض این است که جمله‌ی خطا (u_t) دارای توزیع نرمال باشد. در صورت نرمال نبودن باقی‌مانده‌ها می‌توان از روش برآورد دیگری استفاده کرد که فرض نرمال بودن را در نظر نگیرد(مانند روش‌های گشت‌آورها)، ولی اجرای چنین آزمون‌هایی بسیار مشکل است. زمانی که اندازه‌ی نمونه به قدر کافی بزرگ باشد، انحراف از فرض نرمال بودن معمولا بی‌اهمیت و پیامدهای آن ناچیز است. با توجه به قضیه حد مرکزی می‌توان دریافت که حتی در غیاب نرمال بودن، آماره‌های آزمون به طور مجانبی از توزیع‌های مناسب پیروی خواهند کرد (افلاتونی و نیک بخت ۱۳۸۹). برای بررسی نرمال بودن جمله‌ی خطا از آزمون جارک-برا[۲۰] استفاده می‌شود که مبتنی بر چولگی (عدم تقارن) و

[۲۰] -Jarque-Bera

کشیدگی (دم‌های پهن) است.

۳-۲-۴-۶ مانایی

مانایی و در مقابل آن نامانی می‌تواند تأثیر جدی بر رفتار و خواص یک سری زمانی داشته باشد. در داده‌های مانا (باثبات) اگر یک شوک به آن وارد شود، اثرات شوک بر متغیر مورد نظر به مرور کاهش می‌یابد، یعنی در زمان t+1 اثر آن شوک کمتر از زمان t خواهد بود. استفاده از داده‌های نامانا می‌تواند منجر به رگرسیون کاذب[۲۱] شود. بدین صورت که ممکن است دارای ضریب تعیین (R^2) بالا باشد و همه ضرایب آن نیز معنادار باشند ولی در اصل یک رگرسیون کاذب باشد (سوری، ۱۳۹۴).

یک سری زمانی مانا دارای یک مقدار قطعی و معین است که حول آن نوسان می‌کند. این نوسان ناشی از عوامل تصادفی است (سوری، ۱۳۹۴).

برای بررسی مانایی از آزمون ریشه‌ی واحد استفاده می‌کنیم. آزمون ریشه‌ی واحد برای داده‌های پنلی نسبتا تازه‌تر از داده‌های سری زمانی است. تاکنون روش‌های گوناگونی برای آزمون ریشه‌های واحد معرفی شده است، از جمله روش لوین، لین و چو[۲۲]، ایم، پسران و شین[۲۳]، هادری[۲۴]، فیلیپس-پرون[۲۵] که نمونه‌هایی از آن هستند. در این پژوهش از روش فیلیپس-پرون برای بررسی مانایی متغیرها استفاده شده است.

۳-۳ مدل داده-ستانده

مدل داده-ستانده به‌عنوان مدل اصلی این پژوهش استفاده شده است. جدول و تحلیل داده-ستانده برای انواع بررسی‌های اقتصادی توسط واسیلی لئونتیف[۲۶] در اواخر دهه‌ی ۱۹۳۰ پیشنهاد شده است

---

[۲۱] -Spurious Regrssion
[۲۲] -Levin , Lin & Chu
[۲۳] -Im , Pesaran & Shin
[۲۴]- Hadri
[۲۵]- Phillips-Perron
[۲۶] -W. Leontief

(جهانگرد، ۱۳۹۳). جداول داده- ستانده در واقع تغییر شکل یافته‌ی تابلوی اقتصادی فرانسوا کنه اقتصاددان فرانسوی به یک چارچوب تحلیلی است که موجب می‌شود تحلیل‌ها و پیش‌بینی‌های اقتصادی آسان تر انجام شود. تابلوی اقتصادی کنه فقط یک وسیله‌ی توصیفی برای نشان دادن روابط بین خریدها و فروش‌های بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان مختلف در اقتصاد بود (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱). یک جدول داده-ستانده تصویری از وابستگی‌های متقابل فعالیت‌های اقتصادی و یا به‌عبارتی پیوندهای متقابل بین بخش‌ها را به‌طور منسجم در قالب یک ماتریس جبری ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، جدول داده-ستانده جریان کالاها و خدمات را بین فعالیت‌های مختلف اقتصادی در یک سال معین نشان می‌دهد. سطرهای این جدول چگونگی توزیع محصولات را بین بخش‌های تولیدی (تقاضای واسطه‌ای) و مصرف‌کنندگان نهایی (تقاضای نهایی) و ستون‌ها، نیازهای هریک از بخش‌های تولیدی از بخش‌ها و فعالیت‌های مختلف را بیان می‌کند. تحلیل داده-ستانده، اقتباسی از نظریه نئوکلاسیک تعادل عمومی و کاربرد آن در زمینه‌ی مطالعه‌ی وابستگی متقابل فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با یکدیگر است. از منظر طبقه‌بندی کاربردی، جدول داده-ستانده معمولا در دو زمینه‌ی کلی تحلیل ساختار اقتصاد و برنامه‌ریزی اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین به‌عنوان ابزاری جهت تنظیم و ارائه‌ی یک تصویر از ساختار اقتصادی و داد و ستد بین فعالیت‌های مختلف اقتصادی به تفکیک در قالب جدول داده-ستانده به‌کار گرفته می‌شود (جهانگرد، ۱۳۹۳). خطی بودن تابع تولید و ثابت بودن ضرائب آن، فرض اساسی است که در تحلیل‌های داده-ستانده‌ای باید مورد توجه قرار گیرد. به عبارتی دیگر فرض می‌شود داده‌هایی که برای تولید یک محصول به‌کار می‌روند، طبق یک تابع تولید خطی با ستانده آن رشته فعالیت رابطه‌ی مستقیم دارند و این تابع تولید، حداقل در دوره‌ی زمانی کوتاه، دارای ضرائب ثابتی است. طبق این فرض، روابط بین داده و ستانده‌ی یک محصول (یا یک رشته فعالیت) به روابط فنی[۲۷] تبدیل می‌شود. به‌طوری که هر ستون جدول ضرائب[۲۸] داده-ستانده

---

[۲۷] -Technical Relations

[۲۸] -Technical Coefficients Table

که توسط لئونتیف طراحی شد، تکنیک تولید محصول نام برده شده در آن ستون را نشان می‌دهد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱).

جدول داده-ستانده را از نظر تئوری می‌توان هم بر اساس واحد پولی و هم واحد فیزیکی یا به هر دو صورت تهیه کرد. جدول ۳-۱ چارچوب ساده‌ی یک مدل داده-ستانده را نشان می‌دهد.

جدول (۳-۱): چارچوب ساده جدول داده-ستانده

	رشته فعالیت	تقاضای نهایی خالص	ستانده‌ی کل
رشته فعالیت	X_{ij} (ناحیه‌ی ۱)	y_i ناحیه‌ی ۲)	X_i
ارزش افزوده	vV_j (ناحیه‌ی ۳)	(ناحیه‌ی ۴)	
نهاده (داده) کل	X_j		

رشته فعالیتی که در بالای جدول داده-ستانده درج شده است، به‌عنوان بخش مصرف‌کننده و رشته فعالیتی که در سمت راست درج شده است، به‌عنوان بخش عرضه‌کننده نشان داده می‌شود.

ناحیه‌ی (۱) این جدول بیان‌گر مبادلات بین بخشی است. سطرهای این ماتریس چگونگی توزیع تولید هر بخش اقتصادی بین بخش‌های دیگر (عرضه) را نشان داده. باتوجه به بیان ماتریسی تولیدات واسطه، هر رقم در سطر، رقمی نیز در ستون است، در نتیجه تولید هر بخش در این ماتریس، نهاده‌ای برای بخش دیگر به‌حساب می‌آید. ناحیه‌ی (۲) بردار تقاضای نهایی خالص است و مقداری از ستانده‌ی هر بخش که به‌عنوان کالای نهایی عرضه می‌شود را نشان می‌دهد. عناصر این بردار شامل مصرف (تقاضا) نهایی خانوار، مصرف نهایی دولت، تشکیل سرمایه‌ی ناخالص (تشکیل سرمایه‌ی ناخالص ثابت به‌علاوه

تغییر موجودی انبار) و خالص صادرات (صادرات منهای واردات) است. ناحیه‌ی (۳) نیز میزان عوامل تولید اولیه (سرمایه و نیروی کار) به کار گرفته شده در هر بخش را نشان می‌دهد که می‌توان آن را نمایان‌گر ارزش‌افزوده قلمداد کرد (جهانگرد، ۱۳۹۳).

کل ستانده‌ی بخش i (X_i)، می‌تواند برای تقاضای واسطه و تقاضای نهایی مورد استفاده قرار گیرد، بر این اساس معادله‌ی ستانده یا تراز تولیدی به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$X_i = \sum X_{ij} + Y_i \qquad (۱۱-۳)$$

که عنصر X_{ij} نهاده‌ای است که بخش i به بخش j می‌دهد. Y_i کل تقاضای نهایی برای بخش i است. با درنظر گرفتن فرض خطی بودن تابع تولید، بردار ستانده‌ی هر بخش به‌وسیله‌ی رابطه‌ی زیر به‌دست خواهد آمد:

$$X_{ij} = a_{ij} X_i \qquad (۱۲-۳)$$

عنصر a_{ij} (برابر با نسبت $\frac{X_{ij}}{X_i}$) نشان‌دهنده‌ی مقدار یا ارزش نهاده‌ی بخش i است که برای تولید هر واحد از ستانده‌ی بخش j استفاده می‌شود. یا به‌عبارتی دیگر نشان می‌دهد که بخش j چه نسبتی از نیازهای خود را از بخش i تأمین می‌کند. با جای‌گذاری معادله (۳-۱۲) در معادله‌ی (۳-۱۱) و با درنظر گرفتن n بخش تولیدی معادلات زیر به‌دست خواهند آمد:

$$X_i = (\sum a_{ij} X_i) + Y_i \qquad (۱۳-۳)$$

$$X = AX + Y \qquad (۱۴-۳)$$

$$X = (I-A)^{-1} + Y \qquad (۱۵-۳)$$

I_{n*n} ماتریس واحد و $A_{a_{ij}}$ ماتریس ضرایب فنی تولید (ضرایب نهاده) هستند. $(I-A)^{-1}$ نیز معکوس ماتریس لئونتیف نامیده می‌شود. این ماتریس رکن اساسی تحلیل‌های داده-ستانده را تشکیل می‌دهد. زیرا اثر کامل (مستقیم و غیرمستقیم) یک شوک خارجی در تقاضای نهایی را بر تمام فعالیت‌ها نشان می‌دهد (سازمان ملل، ۱۳۹۱؛ به نقل از زارعی، ۱۳۹۵). به‌عبارت دیگر هر عنصر ماتریس معکوس

لئونتیف (l_{ij}) نشان می‌دهد که به ازای یک واحد پولی افزایش در تقاضای نهایی بخش j چه مقدار ستانده در بخش i مورد نیاز است. درواقع ماتریس معکوس لئونتیف را می‌توان به شرح زیر تفسیر کرد:

ساختار داده‌ها که در ماتریس A نشان داده می‌شود، فقط نوع و میزان داده‌هایی را نشان می‌دهد که هر رشته فعالیت برای تولید یک واحد از ستانده خود نیاز دارد. ولی اثرات تولید یک واحد محصول، با داده‌ها یا کالاها و خدماتی که در مرحله‌ی اول مصرف می‌شوند، خاتمه نمی‌یابد. به‌عنوان مثال، اثرات تولید یک واحد وسیله نقلیه‌ی موتوری فقط بر تولید فولاد، لاستیک و سایر کالاها و خدمات مصرف شده ظاهر نمی‌شود، بلکه تولید آن زنجیره‌ای طولانی از فعل و انفعالات را در فرایند تولید ایجاد می‌کند، چرا که تولید هر یک از محصولات مصرف شده در تولید یک وسیله‌ی نقلیه‌ی موتوری به نوبه‌ی خود به داده‌ها و محصولات و خدمات دیگری نیز نیازمند است. به‌عنوان مثال برای تولید لاستیک که برای فرایند تولید وسیله‌ی نقلیه‌ی موتوری مصرف می‌شود، فولاد، لاستیک، پارچه و سایر محصولات و خدمات لازم است. و به همین شکل تولید هر یک از این محصولات به کالاها و خدمات مختلف دیگری از جمله حمل و نقل نیازمند است. به این ترتیب داده‌های مورد نیاز برای یک دور تولید، نیازمند دور دیگری از داده‌ها است که این نیز به نوبه‌ی خود نیازمند داده‌های دیگری است. این زنجیره‌ی فعل و انفعالات تا بی‌نهایت ادامه پیدا می‌کند. ماتریس معکوس لئونتیف مقدار کل این اثرات (مستقیم و غیرمستقیم) را بیان می‌کند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱).

در این پژوهش از به‌روزترین جدول داده-ستانده‌ی موجود در کشور که مربوط به سال ۱۳۹۰ می‌باشد استفاده شده است. این جدول که شامل ۹۹ بخش (فعالیت) است از مرکز آمار ایران استخراج شده است. باتوجه به ساختار تولیدات اقتصاد ایران و همچنین باتوجه به داده‌های مصرف برق، جدول داده-ستانده‌ی اصلی این پژوهش در ۲۶ بخش به شرح زیر تجمیع شده است:

جدول (۳-۲): عناوین بخش‌های اقتصادی کشور در جدول داده-ستانده‌ی مورد استفاده در این پژوهش

شماره بخش	نام بخش	شماره بخش	نام بخش
۱	کشاورزی	۱۴	ساخت فلزات اساسی
۲	نفت خام و گاز طبیعی	۱۵	ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات
۳	سایر معادن	۱۶	ساخت، تعمیر و نصب محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری
۴	ساخت محصولات غذایی و آشامیدنی و تنباکو	۱۷	ساخت، تعمیر و نصب تجهیزات برقی
۵	ساخت منسوجات	۱۸	ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۶	ساخت پوشاک، عمل‌آوری و رنگ کردن خز	۱۹	ساخت وسایل نقلیه‌ی موتوری و سایر تجهیزات حمل و نقل
۷	دباغی و پرداخت چرم و سایر محصولات چرمی	۲۰	ساخت مبلمان
۸	ساخت چوب و محصولات چوبی	۲۱	مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۹	ساخت کاغذ، محصولات کاغذی و چاپ	۲۲	تولید، انتقال و توزیع برق
۱۰	ساخت کک، فراورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای	۲۳	تولید گاز، توزیع سوختهای گازی از طریق شاه لوله
۱۱	ساخت مواد و محصولات شیمیایی	۲۴	تامین آب و خدمات دفع فاضلاب، مدیریت پسماند، سایر خدمات
۱۲	ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک	۲۵	ساختمان
۱۳	ساخت محصولات کانی غیرفلزی	۲۶	خدمات

۳-۴ داده‌ها و نحوه‌ی جمع‌آوری آن

این پژوهش شامل سه نوع داده است: نخست، داده‌های مربوط به متغیرهای مصرف برق خانوار، قیمت برق بخش خانوار، ارزش افزوده، جمعیت، شاخص قیمت و دما در سطح استانی به منظور برآورد مدل اقتصادسنجی استفاده شده در پژوهش است. روش گردآوری این گروه کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد و برای دست‌یابی به این داده‌ها از منابع آماری بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ترازنامه‌های انرژی و مرکز آمار ایران استفاده شده است. دوم، داده‌های مربوط به روابط بین بخشی در اقتصاد ایران است که این داده‌ها در جدول داده-ستانده‌ی مورد استفاده موجود می‌باشد. و سوم، داده‌های مربوط به مصرف برق بخش‌های مختلف اقتصاد است که از منابع مختلف آماری تهیه شده اند که در زیر به تشریح نحوه‌ی گردآوری آن می‌پردازیم:

۳-۴-۱ بخش صنعت (صنایع کارخانه‌ای)

صنایع کارخانه‌ای در این پژوهش، فعالیت‌های صنعتی می‌باشند که بر اساس کدهای دو رقمی طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی همه‌ی فعالیت‌های اقتصادی[۲۹] (آیسیک) طبقه‌بندی شده‌اند، که شامل بخش‌های ۴ تا ۲۱ جدول داده-ستانده استفاده شده در این پژوهش است.

اطلاعات مصرف برق صنایع کارخانه‌ای که در ترازنامه‌های انرژی موجود است، مربوط به صنایع کارخانه‌ای ده نفر کارکن و بیشتر است. برای به‌دست آوردن مصرف برق کل صنایع کارخانه‌ای از جمله صنایع کارخانه‌ای ده نفر کارکن و بیشتر و صنایع کم‌تر از ده نفر کارکن از بهره‌وری مصرف برق استفاده شده است. با فرض ثابت بودن بهره‌وری مصرف برق در این صنایع، بهره‌وری برای صنایع کارخانه‌ای ده نفر کارکن و بیشتر با توجه به فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{IEP}=\frac{X_i}{E_i}$$

[۲۹] -International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC)

که در آن X_i و E_i به ترتیب برابر با ارزش واقعی ستانده‌ی کل صنایع ده نفر کارکن و بیشتر و کل مصرف برق این صنایع است.

این نسبت نشان می‌دهد که به ازای هر واحد برق مصرفی در بخش صنایع کارخانه‌ای ده نفر کارکن و بیشتر به‌طور متوسط چه مقدار ستانده تولید می‌شود. در مرحله‌ی بعد برای تعیین مصرف برق کل صنایع، ستانده‌ی کل صنایع را به بهره‌وری به‌دست آمده برای صنایع کارخانه‌ای ده نفر کارکن و بیشتر تقسیم می‌کنیم. نتیجه‌ی به‌دست آمده برابر با برق مصرفی کل صنایع خواهد بود.

۳-۴-۲ معدن

مطابق با نتایج طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری، برق مصرف شده در این معادن برابر با ۲۷۱۷/۶ گیگاوات ساعت است. از آنجا که این مقدار شامل بخش نفت خام و گاز طبیعی نمی‌شود و باتوجه به این‌که داده‌های برق مصرفی این بخش موجود نیست، ما با استفاده از نسبت برق مصرفی بخش معادن در حال بهره‌برداری به نهاده‌ی مصرف شده این بخش از بخش انتقال و توزیع برق، همچنین استفاده از این نسبت برای بخش نفت خام و گاز طبیعی، برق مصرفی بخش نفت خام و گاز طبیعی را تخمین زده‌ایم.

۳-۴-۳ بخش ساختمان، آب، برق و گاز

مطابق با تراز انرژی سال ۱۳۹۰، برق مصرفی بخش صنعت ۶۳۵۹۰/۷ گیگاوات ساعت است. این مقدار شامل مصرف برق تمام بخش‌های اقتصادی به‌جز کشاورزی، خدمات و معدن می‌باشد (بخش صنایع کارخانه‌ای، ساختمان، آب، برق و گاز). تفاوت برق مصرفی بخش صنعت با بخش صنایع کارخانه‌ای به نسبت سهم تقاضا بین بخش‌های ساختمان، آب، برق و گاز تقسیم می‌شود.

۳-۴-۴ بخش کشاورزی

داده‌های مصرف برق بخش کشاورزی به‌طور واضح در ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۹۰ مشخص شده است که مقدار آن برابر با ۳۰۰۲۰/۳ گیگاوات ساعت است.

۳-۴-۵ بخش خدمات

مصرف بخش خدمات از مجموع برق مصرفی بخش حمل‌ونقل و بخش تجاری در ترازنامه‌ی سال ۱۳۹۰ به‌دست آمده است.

داده‌های مصرف گاز و مصرف آب بخش‌های اقتصادی جدول داده-ستانده‌ی مورد نظر این پژوهش نیز به همین ترتیب محاسبه و جمع‌آوری شده است.

۳-۵ جمع‌بندی

در این فصل به تشریح و بررسی روش‌ها و داده‌های تحقیق پرداخته شده است. بر این اساس، ابتدا مقدمه‌ای کلی بیان و پس از آن به تشریح مدل‌های اقتصادسنجی و پنل دیتا برای قدم اول پژوهش پرداخته شده است. سپس با بیان مدل داده-ستانده و معرفی ماتریس معکوس لئونتیف به‌عنوان اساس تحلیل‌های داده-ستانده به تشریح مدل اصلی استفاده شده در پژوهش پرداخته شده است. در نهایت به نحوه‌ی گردآوری داده‌ها و تهیه‌ی جدول داده-ستانده اشاره می‌شود.

فصل چهارم: مدل و نتایج تحقیق

۴-۱ مقدمه

در فصل‌های یک و دو به اهمیت انرژی و به‌طور ویژه انرژی الکتریکی چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ محیط‌زیستی اشاره شد، همچنین به روند رو به افزایش مصرف انرژی که طبق پژوهش‌ها و پیش‌بینی‌های انجام شده در گذشته نشان می‌داد که ایران می‌تواند در سال‌های آینده حتی وارد کننده‌ی انرژی باشد. همان‌طور که اشاره شد، بهره‌وری به‌عنوان یک سیاست عمومی و رایج برای جلوگیری از افزایش مصرف انرژی شناخته می‌شود. این شاخص در بین سیاست‌گذاران و اقتصاددانان از اهمیت بالایی برخوردار است. اما باتوجه به پژوهش‌های انجام شده پیرامون کارایی، نشان داده شده که کارایی دارای آثاری می‌باشد که می‌تواند بر مصرف انرژی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر گذارد (اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی). پیرامون این موضوع مطالعات متعددی با روش‌های مختلف انجام شده است که در این پژوهش به تعدادی از مهم‌ترین آن‌ها پرداخته شده است. فراتر از تأثیر بهبود کارایی بر مصرف خود انرژی مورد بررسی، این پژوهش به‌دنبال یافتن آثار آن بر مصرف سایر منابع طبیعی همچون آب و گاز طبیعی است. این موضوع که در ادبیات اقتصاد انرژی موضوعی جدید است، به‌عنوان اثر بازگشتی متقاطع شناخته می‌شود. بررسی مطالعات پیشین داخلی نشان می‌دهد که این موضوع و روش استفاده شده برای بررسی آن در مطالعات داخلی هنوز مورد توجه قرار نگرفته است. روش‌های مورد استفاده در این پژوهش که ترکیبی از روش‌های اقتصاد سنجی و داده-ستانده می‌باشد در فصل گذشته مورد بررسی و تشریح قرار گرفت. در این فصل به معرفی مدل‌های مورد استفاده جهت دست‌یابی به اثرات بازگشتی و همچنین اثرات بازگشتی متقاطع و تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از این مدل‌ها پرداخته می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای EViews و Exel انجام شده است. پس از مقدمه، مدل پنل دیتای استفاده شده در پژوهش تشریح می‌شود، و سپس نتایج حاصل از آن برای سنجش اثر مستقیم بازگشتی بیان می‌شود. در قسمت بعد، مدل داده-ستانده و مدل بازمصرف برای سنجش اثرات غیرمستقیم بازگشتی و همچنین اثرات بازگشتی متقاطع تشریح و نتایج حاصل از آن بیان می‌شود. بخش انتهایی فصل نیز، به جمع‌بندی مطالب این فصل می‌پردازد.

۴-۲ مدل پنل دیتا

مرحله‌ی اول این پژوهش به‌دست آوردن اثرات مستقیم بازگشتی است. این اثر در مراحل بعد و برای به‌دست آوردن اثرات غیرمستقیم بازگشتی و همچنین اثرات بازگشتی متقاطع استفاده می‌شود. برای به‌دست آوردن اثرات مستقیم بازگشتی در این پژوهش از کشش قیمتی تقاضای برق خانوار استفاده شده است. در نتیجه برای دست‌یافتن به اثرات مستقیم بازگشتی باید معادله‌ی تقاضای برق خانوار را برآورد کنیم. بدین منظور ما از داده‌های ترکیبی ۲۸ استان کشور در طی دوره‌ی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ استفاده کرده‌ایم.

در فصل سوم مدل پنل دیتا را مورد بررسی قرار دادیم. قبل از آزمون فرضیه‌ها باید به‌دنبال تعیین مدل سازگار و معنادار باشیم. بدین معنی که اثرات گروه‌ها یا استان‌ها را مورد بررسی قرار دهیم و معنادار بودن اثرات گروه‌ها را مشخص کنیم. ابتدا با استفاده از آزمون F لیمر پنل بودن یا نبودن یا به عبارتی وجود اثرات استان‌ها یا عدم وجود اثرات استان‌ها را مشخص می‌کنیم.

۴-۲-۱ آزمون F

فرض صفر در این آزمون عدم وجود اثرات استان‌ها و فرض یک وجود اثرات استان‌ها است. یعنی اگر احتمال (Prob) این آزمون بیش‌تر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد نخواهد شد و مدل پول خواهد بود. در غیر این‌صورت مدل پنل خواهد بود. نتایج آزمون F که با استفاده از نرم‌افزار Eviews حاصل شده، به شکل زیر است:

جدول (۴-۱): نتایج آزمون F

آماره‌ی F	Prob	مدل
۴۱/۷۷	۰/۰۰	پنل

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به این‌که آماره‌ی F از F بحرانی بزرگ‌تر است واحتمال (Prob) آن کم‌تر از ۰/۰۵ است، پس فرض صفر مبنی بر عدم وجود اثرات گروه‌ها رد می‌شود و فرض وجود اثرات گروه‌ها تأیید می‌شود و نشان می‌دهد که مدل پنل در این مورد قابل قبول خواهد بود.

۴-۲-۲ آزمون هاسمن

پس از این‌که مشخص شد اثرات گروه‌ها وجود دارد، باید مشخص شود که اثرات گروه‌ها ثابت است یا تصادفی. برای تشخیص آن از آزمون هاسمن استفاده می‌شود. فرض صفر در آزمون هاسمن وجود اثرات تصادفی و فرض یک وجود اثرات ثابت خواهد بود. با استفاده از نرم‌افزار Eviews این آزمون انجام شده که نتایج حاصل از آن به شرح زیر است:

جدول (۴-۲): نتایج آزمون هاسمن

آماره‌ی χ^2	Prob	مدل
۰/۰۰	۱/۰۰	اثرات تصادفی

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج آزمون هاسمن نشان می‌دهد که مدل دارای اثرات تصادفی است به این معنی که تفاوت استان‌ها ناشی از عوامل تصادفی است. در نتیجه برای برآورد تقاضای برق خانوار، باید از مدل پنل دیتای دارای اثرات تصادفی استفاده کرد. این مدل از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) استفاده می‌کند. قبل از معرفی و تخمین معادله‌ی تقاضای برق خانوار، باید فروض مورد نیاز بررسی شوند. در ادامه به بررسی این فروض پرداخته می‌شود.

۴-۲-۳ آزمون فرضیه‌ها

جهت برآورد معادله‌ی تقاضای برق خانوار، قبل از هرچیزی لازم است که مفروضات رگرسیون مورد بررسی قرار گیرند.

۴-۲-۳-۱ صفر بودن میانگین خطا

به دلیل این‌که مدل رگرسیونی استفاده شده دارای عرض از مبدأ است، فرض صفر بودن میانگین خطا رد نمی‌شود (سوری، ۱۳۹۵).

۴-۲-۳-۲ فرض واریانس‌همسانی

با توجه به این‌که مدل پنل دیتا دارای اثرات تصادفی است، و در اثرات تصادفی از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) استفاده شده است، اگر واریانس‌ناهمسانی وجود داشته باشد، به‌طور خودکار آن را برطرف می‌کند. در نتیجه در این مدل فرض واریانس همسانی نمی‌تواند رد شود و وجود واریانس همسانی تأیید می‌شود.

۴-۲-۳-۳ فرض عدم خودهمبستگی

به دلیل وجود اثرات تصادفی و تخمین مدل به روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) این فرض نیز نمی‌تواند رد شود.

۴-۲-۳-۴ فرض نرمال بودن جمله‌ی خطا

برای تشخیص این‌که جمله‌ی خطا دارای توزیع نرمال است یا خیر می‌توان از آزمون جارک-برا استفاده کرد. فرض صفر در این آزمون پذیرش نرمال بودن جمله‌ی خطا است. با توجه به آماره‌ی این آزمون، نشان می‌دهد که جمله‌ی خطا دارای توزیع نرمال نیست. این فرض به دلیل بزرگ بودن حجم داده‌های پژوهش و این‌که فروض پیشین تأیید می‌شود، نمی‌تواند تأثیری در نتیجه‌ی برآورد پژوهش بگذارد.

به طور کلی در مدل‌های اثر تصادفی، تخمین‌زننده‌های حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS)، بهترین تخمین‌زننده‌ی خطی بدون تورش (BLUE)[۱] می‌باشند (زراءنژاد و انواری، ۱۳۸۴). در نتیجه در

[۱] -Best Linear Unbaised Estimators

مدل‌های اثر تصادفی به دلیل استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS)، فروض کلاسیکی رد نخواهند شد.

۴-۲-۳-۵ بررسی مانایی

ایستایی (مانایی) و در مقابل آن نامانایی می‌تواند تأثیر جدی بر رفتار یک سری زمانی داشته باشد. مانایی به این معنی است که در صورت ایجاد یک شوک بر داده‌ها، اثر آن به مرور از بین می‌رود. در نتیجه فرض مانایی در داده‌های ترکیبی از اهمیت بالایی برخوردار است. برای بررسی مانایی از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. برای این منظور، در این پژوهش از آزمون ریشه‌ی واحد فیلیپس-پرون استفاده شده است. فرض صفر در این آزمون وجود ریشه‌ی واحد (نامانایی) خواهد بود. نتایج حاصل از این آزمون به شرح زیر است:

جدول (۴-۳): نتایج آزمون ریشه‌ی واحد فیلیپس-پرون (PP)

مرتبه‌ی تفاضل	متغیر	آماره‌ی آزمون	حداقل سطح معناداری (Prob)	نتیجه
۱	مصرف برق	۲۹۴/۰۱۵	۰/۰۰۰	رد فرض صفر
۱	قیمت برق	۳۵۵/۲۱۸	۰/۰۰۰	رد فرض صفر
۰	درآمد ملی سرانه به قیمت ثابت	۱۵۱/۵۸۹	۰/۰۰۰	رد فرض صفر
۰	قیمت گاز طبیعی	۱۰۳/۶۴۵	۰/۰۰۰	رد فرض صفر
۰	میانگین دما	۲۳۹/۱۰۳	۰/۰۰۰	رد فرض صفر

منبع: محاسبات پژوهش

همان طور که در جدول (۴-۳) نشان داده شده است، فرضیه‌ی صفر مبنی بر وجود ریشه‌ی واحد یا نامانایی برای همه‌ی متغیرهای این پژوهش رد می‌شود. در نتیجه داده‌ها دچار روند نشده‌اند.

با توجه به نتایج حاصل شده از آزمون‌های تشخیصی و پذیرش فروض بیان شده، شکل تابع تقاضای برق خانوار با استفاده از لگاریتم تابع کاب-داگلاس، به شکل زیر است:

$$Log(e)= C+ \beta_1 Log(P_e)+ \beta_2 Log(Y)+ \beta_3 Log(P_g)+ \beta_4 Log(T) \qquad (۱-۴)$$

که در آن Log(e) لگاریتم مصرف سرانه‌ی (تقاضا) برق خانوار، $Log(P_e)$ لگاریتم قیمت برق بخش خانوار به قیمت ثابت، Log(Y) لگاریتم ارزش افزوده‌ی سرانه به قیمت ثابت، $Log(P_g)$ لگاریتم قیمت گاز طبیعی برای بخش خانوار به قیمت ثابت و Log(T) لگاریتم میانگین دما است.

نتایج حاصل از برآورد تقاضای برق بخش خانوار با مدل اثرات تصادفی و روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS)، به شرح زیر است:

جدول (۴-۴): نتایج برآورد تابع تقاضای برق

نام متغیر	توضیح متغیر	ضرایب	انحراف معیار	آماره‌ی t	سطح معناداری
C	عرض از مبدأ	۶/۰۹	۰/۳۹	۱۵/۵۹	۰/۰۰۰۰
$Log(P_e)$	متغیر قیمت برق در بخش خانوار به قیمت ثابت	-۰/۷۴	۰/۰۵	-۱۴/۹۷	۰/۰۰۰۰
Log(Y)	متغیر ارزش افزوده به قیمت ثابت	۰/۲۰	۰/۰۴	۴/۷۸	۰/۰۰۰۰
$Log(P_g)$	متغیر قیمت گاز طبیعی بخش خانوار به قیمت ثابت	۰/۱۱	۰/۰۱	۱۰/۲۰	۰/۰۰۰۰
Log(T)	متغیر میانگین دما	۰/۴۸	۰/۱۳	۳/۶۵	۰/۰۰۰۳
Prob (F-statistic)= ۰/۰۰۰		F-statistic= ۱۱۴/۹۱		R-squared = ۰/۵۲	

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج حاصل از برآورد تابع تقاضای برق خانوار در این پژوهش بیان می‌کند که، قیمت برق و مصرف آن طبق انتظار رابطه‌ای منفی دارند و در نتیجه‌ی کاهش یک درصدی قیمت برق، مصرف آن ۰/۷۴ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین مصرف با درآمد، قیمت گاز طبیعی و میانگین دما رابطه‌ای مستقیم دارد. آماره‌ی t و احتمال مربوط به آن برای تمام متغیرها معنادار بوده است. آماره‌ی F-statistic و احتمال آن نیز نشان می‌دهد که رگرسیون معنادار است.

با فرض این‌که بهبود کارایی مصرف برق معادل است با کاهش در هزینه نهایی خدمات مربوط به آن، اثرات مستقیم بازگشتی برابر با کشش قیمتی برق خواهد بود. از آن‌جا که در این پژوهش تمام متغیرها به صورت لگاریتمی ظاهر شده‌اند، کشش‌ها معادل با ضرایب خواهند بود (دل‌انگیزان و همکاران، ۱۳۹۶). در نتیجه منفی ضریب لگاریتم قیمت برق $(-\beta_1)$ برابر با اثر مستقیم بازگشتی است. بنابراین اثر مستقیم بازگشتی برابر با ۷۴ درصد است. به این معنی که در صورت بهبود ۱۰درصدی کارایی مصرف برق، تنها ۲/۶ درصد مصرف برق کاهش خواهد یافت و ۷/۴ درصد از کاهش مورد انتظار، به دلیل وجود اثرات مستقیم بازگشتی خنثی خواهد شد. با توجه به این‌که مقدار مصرف برق خانوار ۵۶،۷۷۴ میلیون کیلووات ساعت است، و با درنظر گرفتن سناریوی بهبود ۱۰ درصدی کارایی، انتظار می‌رود که مصرف برق ۵،۶۷۷ میلیون کیلووات ساعت کاهش یابد. اما به دلیل وجود اثر مستقیم بازگشتی ۷۴ درصدی، مصرف برق در مرحله‌ی اول تنها ۱،۴۷۶ میلیون کیلووات ساعت کاهش می‌یابد و مقدار ۴،۲۰۱ میلیون کیلووات ساعت از کاهش مورد انتظار به دلیل وجود اثرات بازگشتی مستقیم، خنثی می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به قیمت برق بخش خانوار که معادل ۳۳۴/۸ ریال بر کیلووات ساعت است، پس‌انداز پولی خانوار به میزان ۴۹۴،۲۰۴ میلیون ریال خواهد بود. که برای به‌دست آوردن اثر غیرمستقیم بازگشتی از آن استفاده خواهد شد.

۴-۳ مدل داده-ستانده

پس از برآورد تابع تقاضای برق خانوار با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) و به‌دست آوردن اثرات مستقیم بازگشتی، برای به دست آوردن اثرات غیرمستقیم از مدل بازمصرف به روش تحلیل داده-ستانده استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا با استفاده از داده‌های گردآوری شده‌ی مصرف برق بخش‌ها و فعالیت‌های اقتصادی مورد بررسی در این تحقیق، برق‌بری، آب‌بری و گازبری هر بخش را محاسبه می‌کنیم و پس از آن با توجه به اثرات مستقیم بازگشتی و جدول داده-ستانده‌ی تجمیع شده، اثرات غیرمستقیم را نیز برآورد می‌کنیم.

۴-۳-۱ برق‌بری، آب‌بری، گازبری

برق‌بری مستقیم عبارت است از مقدار برق مصرف شده به ازای یک واحد پولی افزایش در ستانده، که با استفاده از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$E_j^d = \frac{E_j}{X_j} \qquad (۴-۲)$$

که در آن E_j و X_j به ترتیب برابر با مصرف برق بخش j وستانده‌ی بخش j است. E_j^d نیز برق‌بری مستقیم بخش j است که نشان می‌دهد برای یک واحد پولی افزایش در ستانده در بخش j، چه مقدار برق به‌طور مستقیم مصرف می‌شود.

برق‌بری کل که بیان‌گر مقدار برق مصرفی تمام بخش‌ها برای یک واحد پولی افزایش در تقاضای نهایی بخش j است، از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$E_j^t = \sum_{i=1}^{n} E_j^d \times I_{ij} \qquad (۴-۳)$$

که در آن I_{ij} معکوس ماتریس لئونتیف جدول داده-ستانده‌ی تجمیع شده در این پژوهش، $\sum_{i=1}^{n} E_j^d$ برق‌بری مستقیم تمام بخش‌ها و E_j^t نیز برق‌بری کل، که برابر با برق‌بری مستقیم و غیرمستقیم است. باتوجه به این که ماتریس معکوس لئونتیف در این پژوهش با استفاده از جدول داده-ستانده‌ی داخلی محاسبه شده، برق‌بری غیرمستقیم نیز تنها شامل مصرف غیرمستقیم منابع داخلی است. به این معنا که برق‌بری غیرمستقیم شامل مصرف غیرمستقیم برق از منابع وارداتی نیست. آب‌بری و گازبری نیز به همین صورت محاسبه شده است.

۴-۳-۲ مدل بازمصرف

پس از محاسبه‌ی اثرمستقیم بازگشتی که ۰/۷۴ محاسبه شد، به این نتیجه رسیدیم که در اثر بهبود کارایی ۱۰ درصدی مصرف برق، در مرحله‌ی اول تنها ۲/۶ در صد مصرف برق کاهش می‌یابد و ۷/۴ درصد از کاهش مورد انتظار خنثی می‌شود. در نتیجه ۲/۶ درصد از سهم مصرف برق از بودجه‌ی خانوار،

پس‌انداز پولی خواهد شد. با فرض این‌که هیچ پس‌انداز پولی وجود ندارد، پس‌انداز و صرفه‌جویی اولیه‌ی حاصل از بهبود کارایی مصرف برق، باتوجه به الگوی مصرفی جدید، مصرف می‌شود. الگوی مصرفی جدید و سهم هر بخش از مصرف (تقاضای) خانوار می‌تواند از کشش درآمدی هر بخش محاسبه شود. اما به دلیل عدم دسترسی به داده‌های دقیق مربوط به هر بخش و پیچیدگی در محاسبه‌ی آن، در این پژوهش از سهم هر بخش از تقاضای کل خانوار استفاده شده است. الگوی مصرفی جدید خانوار، از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید (گونزالس و ویوانکو، ۲۰۱۷):

$$X_j^P P_j = X_j P_j [1 + \frac{X_E P_E (1 - \left[1 + (-\beta_1 - 1)\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}\right])}{\sum_{i=1}^{n} X_j P_j}] \qquad (۵-۴)$$

که در آن $X_j^P P_j$ تقاضای جدید خانوارها از بخش j، $X_j P_j$ تقاضای پیشین خانوار از بخش j، $X_E P_E$ تقاضای برق خانوار، β_1− اثر مستقیم بازگشتی و $\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}$ تغییر در کارایی است که در این سناریو ۱۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

پس از محاسبه‌ی تقاضای جدید خانوار از هر بخش، از اختلاف بین تقاضای جدید و تقاضای پیشین خانوار، تغییر (افزایش) در تقاضای نهایی هر بخش را به‌دست می‌آوریم. برای محاسبه‌ی تغییر (افزایش) در ستانده‌ی ناشی از تغییر (افزایش) در تقاضای نهایی هر بخش از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$\Delta X_j = I_{ij} \times \Delta X_j^P P_j \qquad (۶-۴)$$

که در آن ΔX_j افزایش در تولید (ستانده‌ی بخش j، I_{ij} ماتریس معکوس لئونتیف، و $\Delta X_j^P j$ تغییر در تقاضای نهایی بخش j است.

برای محاسبه‌ی تغییر در کل مصرف برق ناشی از تغییر (افزایش) در تقاضای نهایی هر بخش، از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$\Delta E_j = E_j^t \times \Delta X_j \qquad (۷-۴)$$

نسبت تغییرات کل مصرف برق ناشی از تغییر تقاضای نهایی را اثر غیرمستقیم بازگشتی می‌نامیم.

در مرحله‌ی آخر و برای به‌دست آوردن اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی، از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$Re = \frac{\text{کاهش مصرف برق واقعی} - \text{کاهش مصرف برق مورد انتظار}}{\text{کاهش مصرف برق مورد انتظار}} \qquad (۸-۴)$$

که Re نشان‌دهنده‌ی اثرات بازگشتی کل است و از تقسیم مجموع افزایش در مصرف برق ناشی از کشش قیمتی (اثر مستقیم بازگشتی) و افزایش در مصرف برق ناشی از پس‌انداز پولی خانوار (الگوی مصرفی جدید) (اثر غیرمستقیم بازگشتی) به کاهش مصرف مورد انتظار به‌دست می‌آید.

نتایج به‌دست آمده از این بخش به شرح زیر است:

جدول (۴-۵): نتایج تفصیلی مصرف برق و تغییرات آن

بخش	E_j (هزار کیلووات ساعت)	E_j^d (کیلووات بر میلیون ریال)	E_j^t (کیلووات بر میلیون ریال)	تغییر در تقاضای نهایی (میلیون ریال)	تغییر در تولید (میلیون ریال)	تغییر در مصرف برق ناشی از افزایش تولید (هزار کیلووات ساعت)
۱	۳۰،۰۲۰،۳۰۰	۴۳/۰۹	۵۹/۱	۵۵،۶۶۰	۱۲۵،۶۶۴	۷،۴۳۲
۲	۳،۶۰۱،۴۴۸	۲/۰۸	۲/۶	۴۷۵	۵۴۵،۳۹۲	۱،۴۱۲
۳	۲،۷۱۷،۶۳۷	۳۱/۵۷	۳۹/۷	۹۶	۱۲،۹۲۷	۵۱۴
۴	۵،۰۲۵،۶۲۴	۹/۶۱	۴۲/۹	۶۷،۲۱۶	۹۵،۲۴۸	۴،۰۸۴
۵	۱،۲۳۴،۵۸۰	۲۹/۵۹	۵۷/۷	۲،۴۹۰	۱۰،۰۹۵	۵۸۳
۶	۴۷۵،۱۶۲	۶/۱۲	۲۴/۰	۱۴،۴۶۷	۱۷،۳۵۳	۴۱۷
۷	۲۰۱،۸۴۱	۹/۶۳	۲۶/۴	۵،۳۲۵	۶،۸۷۳	۱۸۱
۸	۱،۳۶۳،۶۲۵	۲۶/۰۱	۴۷/۲	۱،۶۵۲	۶،۱۰۴	۲۸۸
۹	۱،۲۱۸،۷۴۸	۳۵/۹۶	۶۰/۴	۱،۷۸۳	۱۷،۲۵۲	۱،۰۴۲
۱۰	۱،۲۵۵،۸۵۱	۱/۴۵	۵/۳	۷،۵۸۰	۶۱۰،۷۴۸	۳،۲۴۹
۱۱	۵،۵۲۷،۷۳۷	۱۳/۸۰	۲۳/۹	۸،۰۷۱	۱۵۱،۷۸۲	۳،۶۳۲
۱۲	۱،۵۱۵،۲۰۵	۱۸/۷۲	۳۸/۳	۱،۲۶۰	۱۸،۷۴۶	۷۱۸
۱۳	۱۲،۷۲۹،۳۵۰	۷۱/۹۸	۸۶/۶	۲،۷۳۵	۱۴،۱۹۳	۱،۲۲۹
۱۴	۲۱،۰۴۴،۹۹۷	۶۴/۸۰	۱۱۶/۰	۴۴۳	۴۵،۵۰۳	۵،۲۷۷
۱۵	۱،۸۱۶،۳۸۳	۹/۹۳	۶۴/۴	۳،۵۲۷	۲۰،۶۱۸	۱،۴۱۱
۱۶	۱۱۶،۱۹۸	۶/۱۴	۴۴/۵	۲،۵۴۰	۶،۶۰۱	۲۹۴
۱۷	۶،۳۱۹،۰۹۵	۸۸/۸۳	۱۴۴/۶	۳،۳۷۴	۱۰،۳۷۲	۱،۵۰۰
۱۸	۵۳۲،۶۰۲	۹/۲۸	۵۲/۷	۷۵۱	۹،۴۳۲	۴۹۷
۱۹	۲،۱۹۲،۵۱۸	۵/۸۹	۴۴/۱	۱۳،۹۵۱	۳۷،۶۵۲	۱،۶۵۹
۲۰	۳۷۶،۸۸۳	۱۰/۱۳	۳۴/۰	۳،۱۳۴	۴،۱۱۹	۱۴۰
۲۱	۶۳۰،۴۰۱	۲۳/۸۳	۳۸/۹	۱،۶۶۲	۴،۷۵۱	۱۸۵
۲۲	۱۸۰،۳۵۵	۱/۶۷	۸/۹	۱،۳۹۰،۵۰۷	۱،۶۳۹،۰۸۹	۱۴،۵۴۱
۲۳	۱،۱۰۸	۰/۰۰	۱/۲	۴،۰۸۴	۳۵۱،۳۸۳	۴۱۵
۲۴	۲۰،۹۸۳	۰/۶۳	۷/۰	۱،۳۷۵	۲۱،۱۲۴	۱۴۷
۲۵	۱۹،۷۷۶	۰/۰۲	۳۵/۰	۲۰۹	۲۶،۹۳۳	۹۴۳
۲۶	۱۳،۰۱۷،۲۰۰	۳/۳۳	۷/۷	۲۸۷،۴۰۹	۹۰۱،۱۱۳	۶،۹۶۵

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴-۵ و همچنین افزایش تقاضای ناشی از اثرات بازگشتی، کل کاهش مصرف برق خنثی شده به دلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی برابر با ۴،۲۶۰،۰۱۱هزار کیلووات ساعت، و کل کاهش مصرف برق واقعی برابر با ۱،۴۲۵،۳۳۱ هزار کیلووات ساعت است. با در نظر گرفتن این آمار و ارقام، اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف برق خانوار برابر با ۷۵ درصد خواهد بود. به این معنی که ۷۵ درصد از کاهش مورد انتظار ما خنثی خواهد شد و تنها ۲۵ درصد از کاهش مورد انتظار اولیه محقق خواهد شد.

۴-۴ اثرات بازگشتی متقاطع

اثرات بازگشتی متقاطع یک موضوع جدید است که تاکنون مطالعات زیادی پیرامون آن به انجام نرسیده است. این بخش از پژوهش به دنبال یافتن تأثیر بهبود کارایی انرژی (در این پژوهش انرژی الکتریکی) بر مصرف سایر منابع طبیعی هم‌چون آب و گاز طبیعی است. برای به‌دست آوردن این اثر، از مدل بازمصرفی و روش داده-ستانده، همانند بخش پیشین، استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا با استفاده از رابطه‌ی ۴-۴ و همچنین با توجه به اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم، کل تغییر تقاضای نهایی هر بخش محاسبه و سپس تغییرات تولید (ستانده) ناشی از افزایش تقاضا با استفاده از رابطه‌ی ۴-۵ مشخص می‌شود . در مرحله‌ی بعد نیز با استفاده از رابطه ۴-۶ و همچنین آب‌بری و گازبری محاسبه شده، تغییرات مصرف آب و گاز طبیعی به‌دست می‌آید. تغییرات مصرف آب و گاز طبیعی با استفاده از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta W_j = W_j^t \times \Delta X_j \qquad (۹-۴)$$

$$\Delta G_j = EG_j^t \times \Delta X_j \qquad (۱۰-۴)$$

که در آن ΔW_j تغییر در مصرف آب بخش j، W_j^t آب‌بری کل بخش j، و ΔX_j تغییر در تولید بخش jj، ΔG_j تغییر در مصرف گاز طبیعی بخش j و EG_j^t گازبری کل بخش j است.

نتایج حاصل از این بخش به شرح زیر است:

جدول (۴-۶): نتایج تفصیلی تغییرات در مصرف آب و گاز طبیعی ناشی از بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف برق

بخش	W_j^t (مترمکعب بر میلیون ریال)	G_j^t (مترمکعب بر میلیون ریال)	تغییر در تقاضای نهایی (میلیون ریال)	تغییر در تولید (میلیون ریال)	تغییر در مصرف گاز طبیعی (هزار مترمکعب)	تغییر در مصرف آب (هزار مترمکعب)
۱	۱۴۷/۹۴	۵/۷۶	۵۵،۶۶۰	۹۸،۶۸۸	۵۶۹	۱۴۵۹۹
۲	۰/۳۳	۰/۵۸	۴۷۵	- ۵۱۴،۵۸۱	- ۲۹۶	- ۱۶۹
۳	۶/۹۹	۵/۰۱	۹۶	- ۶،۲۱۷	- ۳۱	- ۴۳
۴	۷۳/۱۱	۸/۰۰	۶۷،۲۱۶	۷۷،۰۲۵	۶۱۶	۵،۶۳۱
۵	۴۷/۰۴	۱۸/۱۲	۲،۴۹۰	۵،۲۷۶	۹۶	۲۴۸
۶	۱۵/۷۴	۹/۱۰	۱۴،۴۶۷	۱۴،۱۱۹	۱۲۸	۲۲۲
۷	۱۷/۰۷	۶/۹۳	۵،۳۲۵	۵،۶۸۹	۳۹	۹۷
۸	۱۱/۴۱	۶/۹۷	۱،۶۵۲	۲،۲۷۹	۱۶	۲۶
۹	۱۵/۰۵	۱۶/۹۲	۱،۷۸۳	- ۱،۲۲۱	- ۲۱	- ۱۸
۱۰	۱/۳۷	۶/۱۵	۷،۵۸۰	- ۵۷۷،۱۵۱	- ۳،۵۵۲	- ۷۸۸
۱۱	۱۰/۱۸	۳۸/۳۱	۸،۰۷۱	- ۶۸،۲۲۵	- ۲،۶۱۴	- ۶۹۴
۱۲	۱۴/۰۳	۱۹/۷۳	۱،۲۶۰	۵۴۶	۱۱	۸
۱۳	۱۵/۹۹	۵۷/۶۴	۲،۷۳۵	- ۱،۵۵۸	- ۹۰	- ۲۵
۱۴	۱۸/۴۸	۳۲/۰۳	۴۴۳	- ۲،۳۲۰	- ۷۴	- ۴۳
۱۵	۱۲/۹۹	۱۸/۲۱	۳،۵۲۷	۲،۰۹۷	۳۸	۲۷
۱۶	۸/۵۷	۱۰/۲۰	۲،۵۴۰	۱،۹۴۹	۲۰	۱۷
۱۷	۱۱/۰۲	۱۵/۶۳	۳،۳۷۴	۲،۵۹۰	۴۰	۲۹
۱۸	۱۱/۹۰	۱۵/۷۱	۷۵۱	۲۱۹	۳	۳
۱۹	۹/۶۶	۱۲/۱۸	۱۳،۹۵۱	۱۹،۳۲۱	۲۳۷	۱۸۷
۲۰	۹/۱۲	۸/۱۱	۳،۱۳۴	۳،۱۷۷	۲۶	۲۹
۲۱	۶/۵۹	۶/۲۹	۱،۶۶۲	۱،۳۸۰	۹	۹
۲۲	۳۳۱/۷۴	۲۰/۳۲	-۱،۴۷۰،۲۹۱	- ۱،۷۱۵،۴۰۹	- ۳۴،۸۵۵	- ۵۶۹،۰۷۳
۲۳	۷/۲۹	۰/۸۸	۴،۰۸۴	- ۳۲۲،۸۵۶	- ۲۸۳	- ۲،۳۵۴
۲۴	۲۵/۵۲	۴/۱۹	۱،۳۷۵	- ۱۳،۷۱۳	- ۵۸	- ۳۵۰
۲۵	۸/۷۷	۱۴/۴۰	۲۰۹	- ۱۸،۱۶۷	- ۲۶۲	- ۱۵۹
۲۶	۶/۳۱	۵/۴۸	۲۸۷،۴۰۹	- ۱۱۵،۰۸۱	- ۶۳۰	- ۷۲۶
کل					- ۴۰،۹۱۷	- ۵۵۳،۳۱۲

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج حاصل از برآورد اثرات بازگشتی متقاطع نشان می‌دهد که در اثر بهبود کارایی مصرف برق خانوار، مصرف گاز طبیعی به مقدار ۴۰،۹۱۷ هزار مترمکعب کاهش می‌یابد. همچنین مصرف آب نیز نیز به مقدار ۵۵۳،۳۱۲ هزار مترمکعب کاهش خواهد یافت. این کاهش مصرف در آب و گاز طبیعی به دلیل تغییر در تقاضای نهایی و در نتیجه‌ی آن تغییر در تولید بخش‌های مختلف اقتصادی اتفاق می‌افتد. به عبارتی دیگر، این تغییرات در مصرف منابع طبیعی دیگر در بخش‌ها و فعالیت‌های اقتصادی ایجاد می‌شود که مقدار قابل توجهی نیز است.

۵-۴ جمع‌بندی

این فصل از پژوهش به منظور محاسبه‌ی اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازگشتی و همچنین اثرات بازگشتی متقاطع ناشی از بهبود ۱۰ درصدی کارایی، شامل سه بخش یا سه مرحله‌ی کلی است. در بخش اول برای محاسبه‌ی اثرات مستقیم بازگشتی ناشی از بهبود ۱۰ درصدی کارایی از مدل‌های اقتصاد سنجی استفاده شده است. با استفاده از مدل اثرات تصادفی با روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) و با استفاده از فرم تابعی کاب-داگلاس، تابع تقاضای برق خانگی برآورد شده و با در نظر گرفتن این فرض که بهبود کارایی مصرف برق معادل است با کاهش هزینه‌ی خدمات مربوط به برق، از کشش قیمتی به‌عنوان اثر مستقیم بازگشتی استفاده شده است که برابر با ۷۴ درصد است.

در بخش دوم فصل، به منظور محاسبه‌ی اثرات غیرمستقیم بازگشتی از مدل بازمصرف با روش داده-ستانده استفاده شده که نتایج آن نشان می‌دهد، اثر کل بازگشتی ناشی از بهبود کارایی ۱۰ درصدی مصرف برق خانوار، ۷۵ درصد خواهد بود که مقدار قابل توجهی نیز است. بدین معنی که تنها ۲۵ درصد از کاهش مصرف مورد انتظار اولیه‌ی محقق خواهد شد و ۷۵ درصد از آن به دلیل وجود اثرات بازگشتی کل خنثی خواهد شد.

بخش سوم و انتهایی این فصل نیز به‌دنبال دست‌یابی به اثرات متقاطع بازگشتی است. اثرات متقاطع بازگشتی نیز همانند بخش دوم، با استفاده از مدل بازمصرف با روش داده-ستانده محاسبه شد که نتایج

نشان می‌دهد که در اثر بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف برق خانوار، مقدار ۴۰،۹۱۷ هزار مترمکعب گاز طبیعی و ۵۵۳،۳۱۲ هزار مترمکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد که این مقدار بیش از ۱۴/۵ درصد از کل مصرف آب خانوارهای کشور در این سال است[۲].

[۲]- بر اساس آمار شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران، کل مصرف آب خانوارهای کشور در سال ۱۳۹۰ حدود ۳،۷۹۳ میلیون متر مکعب بوده است.

فصل پنجم: جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

از دهه‌ی ۱۹۷۰ مسئله‌ی امنیت انرژی به یکی از مهم‌ترین مباحث در ادبیات علمی و سیاسی بین‌الملل تبدیل شد. از طرفی رشد سریع محصولات اقتصادی نیاز فزاینده‌ی انرژی را طلب می‌کرد. این موضوع در قالب مفهوم امنیت انرژی وارد ادبیات سیاسی بین‌الملل شد. از طرف دیگر، مسائل محیط‌زیستی ناشی از مصرف انرژی جامعه‌ی جهانی را بر آن داشت تا سیاست‌هایی در جهت مقابله با افزایش مصرف انرژی اتخاذ کند. در این راستا، بهبود کارایی انرژی به‌عنوان راه کاری برای این مسئله مورد تأکید بسیاری از پژوهش‌گران حوزه‌ی انرژی و سیاست‌گذاران کشورهای مختلف قرار گرفت. از اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ بسیاری از مطالعات حوزه‌ی انرژی، بهبود کارایی مصرف انرژی را مورد تأکید قرار دادند.

بر این اساس نهادهای مختلفی در سطح بین‌الملل تشکیل شده که به بررسی مسائل محیط‌زیستی جهان می‌پردازند، برای نمونه می‌توان به سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، آژانس بهره‌وری اروپا و آژانس بین‌المللی انرژی اشاره کرد.

کشور ایران با وجود دارا بودن منابع عظیم انرژی، از مصرف بالایی نیز در این حوزه برخوردار است، به طوری که طی ده ساله‌ی منتهی به سال ۱۳۹۴ مصرف انرژی در ایران سالانه حدود ۴ درصد افزایش یافته است. بر اساس پیش‌بینی‌ها در صورت تداوم روند فعلی مصرف انرژی در ایران از تولید آن فزونی یافته و کشور به یک وارد کننده‌ی انرژی تبدیل می‌شود. که این موضوع می‌تواند امنیت انرژی در کشور را به‌خطر اندازد.

با وجود تأکیدات مطالعات اولیه بر بهبود کارایی انرژی به منظور کاهش مصرف، مطالعات اخیر نشان می‌دهد افزایش کارایی انرژی آنچنان که مورد انتظار پژوهش‌گران اولیه بوده است، مصرف انرژی را کاهش نمی‌دهد و حتی در برخی موارد باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. پژوهش‌گران علت این اتفاق را در مفهومی موسوم به اثرات بازگشتی استدلال می‌کنند که در حالت افراطی به اثرات معکوس (پارادوکس جوونز) منجر می‌شود (افزایش مصرف انرژی در نتیجه‌ی بهبود کارایی).

در راستای مسائل پیش‌گفته، بررسی تأثیر بهبود کارایی انرژی بر مصرف آن در ایران ضروری به‌نظر می‌رسد، چرا که ممکن است بر خلاف انتظار برنامه‌ریزان توسعه‌ای کشور، افزایش کارایی انرژی نه‌تنها منجر به کاهش مصرف نگردد، بلکه حتی مصرف آن را نیز افزایش دهد. مطالعه‌ی حاضر با چنین رویکردی به بررسی تأثیر بهبود کارایی مصرف انرژی برق خانوار بر میزان مصرف آن در ایران پرداخته که برای این منظور از تلفیق مدل‌های اقتصاد سنجی و داده-ستانده استفاده شده است.

یکی از موضوعات جدیدی که در مطالعات اخیر مورد توجه قرار گرفته این است که بهبود کارایی انرژی علاوه بر مصرف انرژی، مصرف سایر منابع طبیعی از جمله منابع آب و گاز را نیز تحت تأثیر خورد قرار می‌دهد. این موضوع با توجه به روابط متقابل بین بخشی در اقتصاد یک کشور قابل توجیه است. بر این اساس با توجه به کمبود شدید منابع آب در ایران، بررسی تأثیر بهبود کارایی انرژی بر مصرف این منابع می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. مطالعه‌ی حاضر این موضوع را نیز مورد بررسی قرار داده و به تحلیل این موضوع پرداخته که افزایش کارایی انرژی برق در بخش خانوار چه تأثیری بر مصرف منابع آبی و نیز منابع گازی کشور خواهد داشت.

۵-۲ تحلیل و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از روش‌های آماری و تحلیلی استفاده شده در این پژوهش، می‌توان نتایج زیر را استخراج کرد:

- به طور کلی مصرف انرژی و به طور خاص مصرف برق در ایران در مقابل مصرف جهانی از نسبت تقریبا بالایی برخوردار است و طی دوره‌ی ده ساله‌ی مورد بررسی روندی افزایشی داشته به طوری که طبق پیش‌بینی‌های انجام شده در مطالعات پیشین، در صورت تداوم این روند ایران در چند سال آینده به کشوری وارد کننده در بخش انرژی تبدیل خواهد شد که این یک مسئله و چالش بسیار مهم برای کشوری که دارای منابع سرشار انرژی است محسوب می‌شود.

- نتایج پژوهش نشان می‌دهد اثرات بازگشتی بهبود کارایی مصرف انرژی برق خانوار در کشور ایران نسبتا زیاد بوده و به حدود ۷۵ درصد می‌رسد. این بدان معنی است که به دلیل وجود اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم، حدود ۷۵ درصد از اثرات کاهشی بهبود کارایی انرژی برق خنثی می‌شود.
- موضوع اثرات متقاطع بازگشتی نیز موضوع جدیدی در ادبیات اقتصاد انرژی محسوب می‌شود که این پژوهش برای نخستین بار در ایران آن را نیز مورد بررسی قرار داده است. نتایج حاصل از این بخش نشان می‌دهد که بر اثر افزایش ۱۰ درصدی کارایی مصرف انرژی برق در بخش خانوار، کل مصرف منابع آب در ایران حدود ۵۵۳ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد که این میزان بیش از ۱۴ درصد کل مصارف آب خانوارهای کشور در این سال است.
- اثرات متقاطع بازگشتی برای مصرف منابع گازی کشور نیز بررسی شده که نتایج نشان می‌دهد بر اثر بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف برق خانوار، مصرف گاز طبیعی به مقدار ۴۱ میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت. بنابراین اثرات متقاطع بازگشتی در بخش مصرف منابع گازی نسبت به مصرف آب، کم‌تر است.

۵-۳ پیشنهادها

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:

- پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران در سیاست‌های مرتبط با بهبود کارایی انرژی به اثرات بازگشتی این سیاست‌ها نیز توجه کنند. چرا که ممکن است به دلیل وجود این اثرات بخشی و یا حتی تمامی اثرات مورد انتظار این سیاست‌ها خنثی شوند. حتی در موارد افراطی‌تر می‌تواند به واکنش عکس به سیاست‌های اتخاذ شده منجر شود.

- برای کاهش مصرف برق علاوه بر بهبود کارایی، باید سیاست‌های دیگری نظیر سیاست قیمت‌گذاری صحیح انرژی برق مورد توجه قرار گیرند. چرا که باتوجه به اثرات بازگشتی کل، سیاست بهبود کارایی به تنهایی نمی‌تواند مصرف برق را به اندازه‌ی کافی کاهش دهد.
- با توجه به بحران شدید آب در ایران و با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش پیشنهاد می‌شود در راستای مدیریت صحیح منابع آب، تأثیر متقاطع بهبود کارایی انرژی بر میزان مصرف منابع آب نیز مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

۱- ابوذری، ایوب، شهیکی تاش، محمدنبی و طالبلو، رضا (۱۳۹۳). ارتباط بین ریسک سیستماتیک و مالیات بر درآمد شرکت‌ها (مطالعه موردی بورس اوراق بهادار تهران). پژوهشنامه اقتصادی، ۱۴(۵۴)، ۱۰۱,-۱۳۲

۲- احمدی، معین، ملکی، ودادی کلانتر و کریمی، محمدصادق. (۱۳۹۶). بررسی اسناد بالادستی و موانع بهره وری انرژی در بخش ساختمان ایران. مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی, ۷(۲۲), ۱۴۲-,۱۳۱

۳- اسفندیاری، افروز (۱۳۹۴). محاسبه‌ی اثر بازگشتی مصرف انرژی در صنایع کارخانه ای ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اقتصادی، دانشگاه یزد, ۱۳۹۴

۴- افلاتونی، عباس و نیکبخت، لیلی (۱۳۸۹)، کاربرد اقتصاد سنجی سنجی در تحقیقات حسابداری، مدیریت مالی و علوم اقتصادی. چاپ اول، تهران: انتشارات ترمه.

۵- بختیاری، صادق، دهقانی‌زاده، مجید و حسینی‌پور، سید مجتبی (۱۳۹۳). تحلیلی از بهر هوری نیروی کار در بخش تعاونی: مطالعه موردی تعاونی های صنعتی استان یزد. فصلنامه فرایند مدیریت و توسعه، ۲۷(۳)، ۷۳-۴۵.

۶- پایگاه اینترنتی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

۷- پایگاه اینترنتی سازمان برنامه و بودجه.

۸- پایگاه اینترنتی سازمان ملی بهره‌وری.

۹- پایگاه اینترنتی شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران.

۱۰- پایگاه اینترنتی مرکز آمار ایران.

۱۱- پایگاه اینترنتی وزارت نیرو، ترازنامه انرژی کشور (۹۴-۱۳۸۰).

۱۲- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۹۳). تحلیل های داده ستانده: فناوری، برنامه ریزی و توسعه (با مقدمه ای از دکتر فیروز توفیق). تهران: نشر آماره، چاپ اول.

۱۳- خوش کلام خسروشاهی، موسی (۱۳۹۴). اثرات بازگشتی مربوط به بخش های اقتصادی و خانوارها در نتیجه ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل.فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۳(۷۴)، ۵۴-۳۱.

۱۴- خوشکلام خسرو شاهی، موسی (۱۳۹۳). اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران با تأکید بر بخش حمل و نقل: رویکرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۳(۱۱)، ۱۹۴-,۱۵۹

۱۵- دل انگیزان، سهراب، خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۶). برآورد و تحلیل اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۶(۲۱)، ۱۷۲-,۱۴۹

۱۶- زارعی، مهران (۱۳۹۵). سنجش و بررسی مصرف آب در بخش های اقتصادی ایران و استان یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد، اسفند ,۱۳۹۵

۱۷- زراءنژاد، منصور و انواری، ابراهیم. کاربرد داده های ترکیبی در اقتصادسنجی (۱۳۸۴). فصلنامه بررسی‌های اقتصادی، ۲(۴)، ۵۱-,۲۰

۱۸- سازمان ملل متحد، بخش آمار اداره امور اجتماعی و اقتصادی(۱۳۹۱). راهنمای حسابداری ملی: راهنمای جدول داده ستانده (تهیه و تحلیل). ترجمه محمدتقی فیاضی، تهران: مرکز پژوهش های - مجلس، چاپ اول.

۱۹- سالم، علی اصغر و اکابری تفتی، مهدی (۱۳۹۶). برآورد اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۶(۲۲)، ۷۴-,۴۵

۲۰- سلیمیان، بزازان، موسوی و میرحسین. (۱۳۹۵). اثرات بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی‌بر: رویکرد تعادل عمومی محاسبه‌پذیر پویای بین زمانی. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۶(۲۱), ۲۰۰-۱۶۳,

۲۱- سوری، علی (۱۳۹۴). اقتصاد سنجی (پیشرفته) همراه با کاربرد Eviews 8 و Stata 12. تهران: نشر فرهنگ‌شناسی، چاپ سوم.

۲۲- سوری، علی (۱۳۹۴). اقتصاد سنجی (مقدماتی) همراه با کاربرد Eviews 8 و Stata 12. تهران: نشر فرهنگ‌شناسی، چاپ سوم.

۲۳- عزتی، مرتضی (۱۳۹۰). روش تحقیق در علوم اجتماعی: کاربرد در زمینه مسایل اقتصادی. تهران: انتشارات نور علم و پژوهش‌های ما، ویرایش سوم، چاپ ششم.

۲۴- فیض‌پور، محمد علی و حاجی خدازاده، حسین. مکان و نقش آن در خالص ورودی بنگاه‌های جدید به صنعت تولیدی ایران (۱۳۹۴). فصلنامه تحقیقات اقتصادی، ۵۱(۳)، ۶۸۲-۶۵۳,

۲۵- کفایی، سید محمد علی و خسروی، عاطفه. (۱۳۹۶). بررسی همگرایی بهره وری انرژی استان های ایران: رویکرد اقتصادسنجی فضایی. فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، ۱۷(۲)، ۱۹۷-۱۷۷,

۲۶- منظور داوود، آقابابایی محمدابراهیم و حقیقی، ایمان (۱۳۹۰). تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر. فصلنامه ی مطالعات اقتصاد انرژی، ۸(۲۸)، ۲۳-۱,

۲۷- نوری بروجردی، پیمان، جلیلی، محمد و مردانی، فاطمه (۱۳۹۰). فصلنامه پول و اقتصاد، ۲(۵)، ۲۰۲-۱۷۵.

28- Bentzen, J. (2004). Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption. *Energy economics*, 26(1), 123-134.

29- Berkhout, P. H., Muskens, J. C., & Velthuijsen, J. W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy policy*, 28(6-7), 425-432.

30- Birol, F., & Keppler, J. H. (2000). Prices, technology development and the rebound effect. E*nergy policy*, 28(6-7), 457-469.

31- Brennan, T. J., & Palmer, K. L. (2013). Energy efficiency resource standards: Economics and policy. *Utilities Policy*, 25, 58-68.

32- Brännlund, R., Ghalwash, T., & Nordström, J. (2007). Increased energy efficiency and the rebound effect: effects on consumption and emissions. *Energy economics*, 29(1), 1-17.

33- Druckman, A., Chitnis, M., Sorrell, S., & Jackson, T. (2011). Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households. *Energy Policy*, 39(6), 3572-3581.

34- European Productivity Agency (https://archives.eui.eu/en/isaar/40).

35- Font Vivanco, D., Freire-González, J., Kemp, R., & van der Voet, E. (2014). The remarkable environmental rebound effect of electric cars: a microeconomic approach. *Environmental science & technology*, 48(20), 12063-12072.

36- Freire-González, J. (2011). Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households. *Ecological modelling*, 223(1), 32-40.

37- Freire-González, J. (2017). Evidence of direct and indirect rebound effect in households in EU-27 countries. *Energy Policy*, 102, 270-276.

38- Freire-González, J., & Vivanco, D. F. (2017). The influence of energy efficiency on other natural resources use: An input-output perspective. *Journal of cleaner production*, 162, 336-345.

39- Freire-González, J., Vivanco, D. F., & Puig-Ventosa, I. (2017). Economic structure and energy savings from energy efficiency in households. *Ecological Economics*, 131, 12-20.

40- Gonzalez, J. F. (2010). Empirical evidence of direct rebound effect in Catalonia. *Energy Policy*, 38(5), 2309-2314.

41- Gillingham, K., Rapson, D., & Wagner, G. (2016). The rebound effect and energy efficiency policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 68-88.

42- Greening, L. A., Greene, D. L., & Difiglio, C. (2000). Energy efficiency and consumption—the rebound effect—a survey. *Energy policy*, 28(6-7), 389-401.

43- Grepperud, S., & Rasmussen, I. (2004). A general equilibrium assessment of rebound effects. *Energy economics*, 26(2), 261-282.

44- Herring, H., & Roy, R. (2007). Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation*, 27(4), 194-203.

45- Hertwich, E. G. (2005). Consumption and the rebound effect: An industrial ecology perspective. *Journal of industrial ecology*, 9(1-2), 85-98.

46- IEA, 2015. Energy Efficiency Market Report. OCDE Paris.

47- International Labour Organization (https://www.ilo.org/).

48- Lin, B., & Li, J. (2014). The rebound effect for heavy industry: empirical evidence from China. *Energy Policy*, 74, 589-599.

49- Liu, Y. Y., & Liu, F. C. (2008). Rebound effect of energy consumption due to technological progress: empirical analysis based on provincial panel data in China. *Resources science*, 9, 003.

50- Organisation for Economic Co-operation and Development (http://www.oecd.org/).

51- Ouyang, J., Long, E., & Hokao, K. (2010). Rebound effect in Chinese household energy efficiency and solution for mitigating it. *Energy*, *35*(12), 5269-5276.

52- Qiu, Y. (2014). Energy efficiency and rebound effects: an econometric analysis of energy demand in the commercial building sector. *Environmental and Resource Economics*, 59(2), 295-335.

53- Roy, J. (2000). The rebound effect: some empirical evidence from India. *Energy policy*, 28(6-7), 433-438.

54- Saunders, H. D. (1992). The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal*, 131-148.

55- Saunders, H. D. (2000). A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes. *Energy policy*, 28(6-7), 439-449.

56- Sorrell, S., 2007. The Rebound Effect: *an Assessment of the Evidence for Economywide Energy Savings from Improved Energy Efficiency*. UK Energy Research Centre.

57- Sorrell, S., & Dimitropoulos, J. (2008). The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics*, 65(3), 636-649.

58- Sorrell, S., Dimitropoulos, J., & Sommerville, M. (2009). Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy policy*, 37(4), 1356-1371.

59- Thomas, B. A., & Azevedo, I. L. (2013). Estimating direct and indirect rebound effects for US households with input–output analysis Part 1: Theoretical framework. *Ecological Economics*, 86, 199-210.

60- Wang, Z., & Lu, M. (2014). An empirical study of direct rebound effect for road freight transport in China. *Applied Energy*, 133, 274-281.

61- Wang, Z., Lu, M., & Wang, J. C. (2014). Direct rebound effect on urban residential electricity use: an empirical study in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 124-132.

62- Zhang, Y. J., & Peng, H. R. (2017). Exploring the direct rebound effect of residential electricity consumption: an empirical study in China. *Applied energy*, 196, 132-141.

63- Zhang, Y. J., Liu, Z., Qin, C. X., & Tan, T. D. (2017). The direct and indirect CO2 rebound effect for private cars in China. *Energy Policy*, **100, 149-161.**

The influence of energy efficiency on other natural resources use: An input-output perspective (Case Study: Iran)

Iran is one of the energy resource rich countries in the world, and a developing country has a low level of energy efficiency. Energy consumption and its effects, such as emissions of environmental pollutants, have become a concern and an important issue among economists, policymakers and environmental researchers. One of the ways to reduce energy consumption is known the increase efficiency. Improving energy efficiency reduces the cost of energy services and in some cases increases disposable income. This increases the consumption of goods and services that require more energy to produce, distribute and consume. This effect is known as indirect rebound effect in the literature. Beyond the increasing of global energy consumption, there is a variety of the use of other natural resources also due to a similar mechanism. This effect, that known as direct and indirect cross rebound effect, usually not considered by universities and policymakers when designing and implementing energy policies. This research conceptualizes this effect, describes the methodology for its estimation and also provides economic estimates for Iran. In order to estimates in this research, the Input-Output model has been used.

Keywords:

Energy efficiency, Cross rebound effect, Resource use, Input-Output

Shahrood University of Technology

Faculty of Industrial engineering and managment

MSc Thesis in Economic System Planning

The influence of energy efficiency on other natural resources use by input-output perspectiv (case study: Iran)

By: Mohamad Javad Zarei

Supervisor:

Dr. M. Rahimi

Advisor:

Dr. Z. Nasrollahi

September 2018