فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال شانزدهم / شماره ۶۶/ پاییز ۱۳۹۹/ صفحات ۶۰-۳۱

تحلیل حساسیت تقاضای انرژی نسبت به تغییرات تکنولوژی بخش‌های اقتصادی ایران: کاربردی از روش شرمن- موریسن در الگوی داده-ستانده

علی فریدزاد[۱]
دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، ali.faridzad@atu.ac.ir

فریدون اسعدی
عضو هیئت علمی و مدیر گروه دفتر انرژی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، fasadi2007@gmail.com

مریم ذوقی
کارشناس ارشد اقتصاد توسعه و برنامه‌ریزی، دانشگاه خاتم، maryamzoghi_88@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۳۰

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، سنجش آثار تغییر تکنولوژی بر شدت تقاضای انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی ایران مبتنی بر رویکرد شناسایی ضرایب مهم داده-ستانده می‌باشد. در این پژوهش که از رویکرد تقاضامحور لئونتیف با استفاده از روش محاسبه کشش شرمن- موریسن در قالب الگوی داده- ستانده بهره گرفته شده است. نتایج به‌دست آمده بر مبنای پایه‌های آماری جدول داده- ستانده سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران در قالب ۲۴ بخش اقتصادی، نشان می‌دهد که بخش‌های انرژی ثانویه که خود تولیدکننده انرژی هستند، حمل‌ونقل، عمده فروشی و خرده فروشی، ساخت محصولات فلزات اساسی و فلزی فابریکی و محصولات کانی غیرفلزی، با توجه به الگوی تقاضا محور لئونتیف به‌ترتیب دارای بیشترین متوسط کشش نرمال شده تکنولوژیکی تقاضای انرژی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم هستند. با توجه به حساسیت بسیار بالای این بخش‌های اقتصادی نسبت به تغییرات تکنولوژی در جهت تقاضای انرژی به‌منظور بهبود مدیریت تقاضای انرژی، جایگزینی تکنولوژی در بخش‌های یادشده در بلندمدت، می‌تواند منجر به کاهش شدید تقاضای انرژی در سطح بخش‌های یادشده شود.

طبقه‌بندی JEL: C67، D57، O39، Q32

کلیدواژه‌ها: تقاضای انرژی، رویکرد تقاضا محور لئونتیف، تحلیل حساسیت، رویکرد داده-ستانده، روش شرمن- موریسن

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

۱- مقدمه

در سال ۲۰۱۸ بر اساس آخرین آمار سازمان ملل متحد، شدت انرژی در ایران، بیش از ۱/۵ برابر میانگین جهانی بود که با رشد سالانه ۱/۳ درصدی در طی دوره ۲۰۱۸ - ۱۹۷۰همراه بوده است (WDI، ۲۰۲۰). با این وجود، ایران به‌عنوان یک کشور در حال توسعه که با صنعتی‌شدن روز افزون روبرو است، نیازمند مصرف انرژی بالاست. حتی، اجرایی شدن قانون هدفمندی حامل‌های انرژی مصوب دی‌ماه سال ۱۳۸۸ نیز تاکنون نتوانسته است در هیچ سطحی، مصرف بالای انرژی در ایران را مدیریت نماید[۱]. با نگاهی دقیق‌تر به وضعیت مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی بین سال ۱۳۸۵ (پیش از هدفمندی یارانه حامل‌های انرژی) و سال ۱۳۹۰ (پس از اجرای قانون هدفمندی یارانه حامل‌های انرژی) این سوال مطرح می‌شود که در سطح زیربخش‌های اقتصادی کدام یک از بخش‌ها بیشترین نقش را در افزایش مصرف انرژی و به تبع آن افزایش شدت انرژی داشته‌اند.

جدول ۱. مقایسه مصرف انرژی بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ (ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام)

شرح	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۹۰
خانگی، عمومی و تجاری	۴۱۳/۲	۴۳۲/۴
صنعت	۱۹۴/۳	۲۹۳/۶
حمل‌ونقل	۲۷۰/۴	۲۹۶/۶
کشاورزی	۳۶/۸	۴۵/۸
جمع	۹۱۴/۷	۱۰۶۷ /۴

منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰

در جدول (۱) آمار و اطلاعات میزان مصرف انرژی بخش‌های عمده اقتصادی در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵ ارائه شده است. صرف نظر از بخش خانگی، عمومی و تجاری

۱. برای دریافت جزئیات بیشتر در این زمینه به مطالعه مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۸) مراجعه نمایید.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

بخش‌های حمل‌ونقل و صنعت میزان بالایی از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند، این امر اهمیت این بخش‌های اقتصادی از منظر مصرف انرژی بخشی را نشان می‌دهد.

براساس اطلاعات مطلق ارائه شده در آمارها و ترازنامه انرژی، یکی از مشکلات در برنامه‌ریزی اقتصادی انرژی در ایران، نبود تحلیل‌های دقیق مصرف انرژی است، به‌طوری که نقش انرژی مصرفی به‌عنوان نهاده‌های واسطه‌ای در سطح بخش‌ها مشخص نیست. باوجودی که مطالعات مختلفی (از جمله ذاکری (۱۳۹۳)، صادقی (۱۳۹۳)، لطفی و همکاران (۱۳۹۷)) به بررسی بخش‌هایی که بیشترین اثر را بر میزان شدت مصرف انرژی و انتشار آلایندگی در ایران دارند، صورت گرفته است، اما مطالعه دقیق میزان مصرف انرژی و تحلیل حساسیت بخش‌های اقتصادی به مصرف انرژی از دو منظر قابل بررسی است: از یک طرف، یکی از عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی، تکنولوژی مورد استفاده بخش‌های تولیدی است. این امر که بخش‌های اقتصادی برای تولید خود و به‌تبع آن تولیدات سایر بخش‌های اقتصادی چه میزانی از انرژی را تقاضا می‌کنند و براساس تکنولوژی‌های به‌کار گرفته شده بخش‌های اقتصادی چه میزان انتشار آلاینده‌ها را منجر می‌شوند، حائز اهمیت است. همچنین از طرف دیگر، می‌توان در راستای سیاست کنترل مصرف انرژی و در پی آن کاهش انتشار آلایندگی، بخش‌هایی را مشخص نمود که از افزایش قیمت حامل‌های انرژی بیشترین تأثیر را می‌پذیرند. لازم به ذکر است که این موارد تاکنون در مطالعات مورد غفلت واقع شده اند.

حامل‌های انرژی در بعضی بخش‌ها به‌عنوان نهاده اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا افزایش قیمت حامل‌های انرژی، با افزایش شاخص هزینه تولید دیگر بخش‌ها همراه خواهد بود که در تولیدات خود از حامل‌های انرژی به‌عنوان کالای واسطه استفاده می‌کنند. افزایش قیمت حامل‌های انرژی بسته به نوع بهره‌برداری از آنها، در بخش‌های اقتصادی موجب افزایش هزینه‌های تولید آن‌ها و در نهایت منجر به افزایش قیمت نهایی تولیدات می‌گردد. لذا تعیین میزان حساسیت بخش‌های اقتصادی به مصرف مستقیم و غیرمستقیم حامل‌های انرژی موضوع پراهمیت در این مطالعه است. بر این اساس، میزان حساسیت بخش‌های اقتصادی به مصرف مستقیم و غیرمستقیم حامل‌های انرژی از این منظر حائز اهمیت است که می‌تواند به سیاست‌گذاران اقتصادی در شناسایی و اندازه‌گیری صحیح کشش تقاضای انرژی در سطح زیربخش‌های اقتصادی به‌منظور

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

انتخاب راهکارهای سیاستی مانند افزایش کارایی انرژی (برای بهبود تکنولوژی) یا راهکارهایی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در فعالیت‌های تولیدی یاری رساند. در راستای شناسایی بخش‌های اقتصادی که تغییر تکنولوژی آن‌ها (فناوری‌هایی که منجر به کاهش مصرف انرژی شوند) بیشترین اثر را بر تقاضای انرژی دارند، این پرسش اساسی مطرح است که کدام بخش‌های اقتصادی در ایران با تغییر تکنولوژی بیشترین تأثیر را بر تقاضای انرژی دارند؟ در پاسخ به این پرسش اساسی، دو نکته حائز اهمیت این پژوهش را نسبت به سایر مطالعاتی که تاکنون در ایران صورت گرفته، متمایز می‌کند. اول آنکه، با در نظر گرفتن تمامی بخش‌های تولیدکننده انرژی، به بررسی تحلیل کشش تقاضای انرژی نسبت به تغییر تکنولوژی بخش‌های اقتصادی در چارچوب تحلیل داده-ستانده با استفاده از مدل پایه‌ای شرمن-موریسن[1] پرداخته می‌شود. دوم، با تفکیک واردات و در نظر گرفتن صرف واردات بومی (تکنولوژی بومی) به بررسی دقیق‌تر و شفاف‌تر تحلیل حساسیت بخش‌ها پرداخته می‌شود.

بر همین اساس پژوهش حاضر در ۷ بخش سازماندهی شده است. پس از مقدمه، در بخش دوم، مبانی نظری سنجش اهمیت بخش‌های اقتصادی و شناسایی ضرایب مهم در چارچوب تحلیل داده-ستانده مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم، مطالعات تجربی داخل و خارج از ایران مرور شده است[2]. بخش چهارم، به روش پژوهش اختصاص داده شده است. بخش پنجم به نحوه استخراج پایه‌های آماری پرداخته و در بخش ششم، نتایج پژوهش به شکل مشروح مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت، در بخش هفتم به جمع‌بندی و ارائه توصیه‌های سیاستی خواهیم پرداخت.

۲- مبانی نظری

بررسی اجمالی ادبیات داده- ستانده نشان می‌دهد که پژوهشگران متناسب با تغییرات اقتصاد جهانی و به تبع آن تغییرات ساختاری در سطح ملی و منطقه‌ای، روش‌ها و معیارهای مختلف را در سنجش اهمیت بخش‌های اقتصادی و شناسایی

1. Sherman and Morrison

۲. باتوجه به گستردگی مطالعات مرتبط در این زمینه به‌ویژه در سطح بین‌المللی، مطالعات در قابل جداول طبقه‌بندی شده در پیوست گزارش شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

بخش‌های کلیدی مورد استفاده قرار داده‌اند. باوجود اتفاق نظر اساسی در مورد اهمیت شناسایی بخش‌هایی که بیشترین تأثیر را بر اقتصاد دارند، توافق کلی در مورد راه‌های تعیین بخش‌های کلیدی وجود ندارد و روش‌های متعددی معرفی شده‌اند. بهره‌گیری از هریک از این روش‌ها تصویر متفاوتی ازعملکرد بخش‌های اقتصادی به دست می‌دهد. هدف از ارائه این روش‌ها دو مسئله است، مسئله اول، توجه به تغییرات ساختار اقتصاد جهانی و به تبع آن تغییرات ساختار بخش‌ها و مسئله دوم، رفع نارسایی روش‌های قبلی و معرفی روش‌های جدیدتر است. اما از لحاظ ادبیات نظری، هر دو مسئله یادشده به‌دلیل موضوع مهم‌تری مورد توجه پژوهشگران در چارچوب مبانی نظری مدل کینز (عرضه گوش به فرمان تقاضا) و ساختار نظری داده-ستانده قرار گرفته است و آن نااطمینانی نسبت به همین تغییرات ساختاری بخش‌ها در فضای مبادلات واسطه است. از آنجایی که در چارچوب مبادلات واسطه ای بین بخش‌های اقتصادی، رابطه تولیدی بین بخش‌های اقتصادی، یک رابطه تولیدی در چارچوب تابع تولید لئونتیف و مبتنی بر ضرایب مبادله میان نهاده‌های مختلف تولید است (در اینجا نهاده‌ها همان بخش‌های اقتصادی هستند)، اما ملاحظات نظری نشان می‌دهد که منشاء این نااطمینانی‌ها به تولید، قیمت کالاها و خدمات و تکنولوژی باز می‌گردد که در ادامه به آنها اشاره می‌شود که با چارچوب مدل تابع تولیدی لئونتیفی ساختار بین بخشی سازگار نیست (هوندو و همکاران (۲۰۰۲)[1]؛ یان و همکاران (۲۰۱۶)[2]):

(الف) تولید مشترک[3]: در دنیای واقعی، چندین محصول از یک فرآیند تولید به‌طور همزمان تولید می‌شوند که به‌عنوان مثال می‌توان به پالایش نفت اشاره نمود. لذا این محصولات مشترک که به سایر بخش‌های اقتصادی عرضه می‌شوند، به محصولات دیگری تبدیل خواهند شد که بدلیل واحدهای مختلف اندازه‌گیری (مثل کیلوکالری، کیلو، ژول و ...) ماهیت محصولات نهایی با محصولات اولیه عرضه شده تغییر خواهند نمود که این موضوع منجر به تفاوت نرخ تخصیص عرضه-تقاضای محصولات در سطح مبادله بخش‌های اقتصادی با آنچه در ابتدای مبادله شکل گرفته یا محاسبه شده است، می‌شوند.

1. Hondo et al.
2. Yan et al.
3. Joint Production

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

(ب) چندین کالا در یک بخش[1]: دامنه وسیعی از کالاها و خدمات در اقتصاد وجود دارند که در سطح چندین بخش اقتصادی تقسیم‌بندی می‌شوند که منجر به جداول داده-ستانده خواهند شد. بر این اساس، ضرایب فنی که نحوه مبادله میان بخش‌های اقتصادی را نشان می‌دهند، معیاری برای نماینده محصول مبادله شده در یک بخش خاص است که به‌صورت مجازی در یک بخش تولید شده و در بخش دیگر تقاضا می‌شود، خواهد بود. بر این اساس، هر چه تعداد بخش‌های اقتصادی به تعداد کالاها نزدیک باشند، این مبادله از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود، از طرفی به‌دلیل آنکه تولید چند محصول تنها در قالب بخش اقتصادی قابل گزارش است، لذا ارائه محصولات در قالب بخش‌های اقتصادی هرچند به این نااطمینانی‌ها می‌انجامد، اما از اولویت محاسباتی و آماری برخوردار است.

(ج) چندین قیمت برای یک کالا[2]: مقادیر کالاها و خدمات بر حسب واحدهای پولی در یک بخش اندازه‌گیری می‌شود. اما در واقع، در چارچوب ساختار مبادلات عرضه و تقاضای کالاها و خدمات در بین بخش‌های اقتصادی، یک کالای مشابه، به بخش‌های مختلف تحت قیمت‌های مختلف عرضه می‌شود (مانند گاز طبیعی که با تبعیض قیمت به بخش‌های مختلف بر حسب میزان مصرف و سایر شاخص‌ها عرضه شده و به فروش می‌رسد)، بر این اساس، ضرایب فنی مبادله میان بخش عرضه‌کننده تحت تأثیر نحوه اندازه‌گیری آن محصولات در بخش‌های تقاضاکننده (مانند کیلوکالری یا کیلوگرم) هر بار برای یک کالای عرضه شده یکسان، تغییر می‌کند.

(د) چندین نوع تکنولوژی تولید برای یک کالا[3]: در واقع، بسیاری کالای مشابه می‌تواند با تکنولوژی‌های مختلفی تولید شود (مانند برق که می‌تواند از طریق یک نیروگاه فسیلی سیکل ترکیبی یا از طریق انرژی خورشیدی یا به‌صورت فناوری برق‌آبی تولید شود)، در این صورت، مواد اولیه مورد نیاز مانند میزان انرژی مصرفی و ضایعات آن به‌ازای هر واحد کالای تولید شده باتوجه به نوع تکنولوژی به‌کار رفته در تولید آن متفاوت خواهد بود.

1. Multiple goods in one sector
2. Multiple prices to one good
3. Multiple technologies to one good

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

بر این اساس، مشاهده می‌شود که نااطمینانی‌های ارائه شده منجر به تغییرات در مبادله کالاها و خدمات میان بخش‌های اقتصادی شده و درجه نااطمینانی از ضرایب فنی را افزایش خواهند داد. به همین دلیل، شناسایی ضرایب مهم[1] در چارچوب مبادلات عرضه و تقاضای کالاها و خدمات بین بخش‌های اقتصادی باتوجه به همین ویژگی‌های نااطمینانی از منظر تولید، قیمت و تکنولوژی، در قالب تحلیل حساسیت ضرایب فنی مطرح شده‌اند. شناسایی این ضرایب از منظر روش‌شناسی نشان می‌دهد که تغییر کدام یک از ضرایب فنی در جدول داده- ستانده منجر به تغییرات بیشتری در ماتریس معکوس لئونتیف و در نتیجه تغییرات بیشتری در تولید می‌شوند.

رویکردهایی که اثر تغییرات یک یا چند جز از مدل را بر سایر متغیرها تحلیل می‌کنند در اوایل دهه ۱۹۵۰ توسط دایر و واف[2] (۱۹۵۳) و ایوان[3] (۱۹۵۴) مطرح شدند و استفاده از این رویکرد در زمینه بررسی آثار خطا یا تغییر یا نااطمینانی در ضرایب جدول داده-ستانده بر تولید گسترش یافت. این موضوع تحت عنوان داده-ستانده احتمالی یا اتفاقی، تحلیل خطا و تحلیل حساسیت نام گرفت. خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه را می‌توان در مطالعه لار و همکاران[4] (۲۰۰۲) مشاهده نمود. پژوهش‌های مذکور با استفاده از نتایج حاصله از مطالعات شرمن و موریسن[5] (۱۹۴۹ و ۱۹۵۰) و ودبری[6] (۱۹۵۰) صورت گرفته است. شرمن و موریسن (۱۹۵۰) به بررسی اینکه چگونه تغییر عناصر یک ماتریس می‌تواند منجر به تغییر عناصر ماتریس معکوس آن شود پرداختند و در این زمینه عبارتی را که تغییر در عناصر یک ماتریس را به تغییر در عناصر ماتریس معکوس ارتباط می‌دهد به شکل ریاضی بیان کردند. (میلر و بلر[7]، ۲۰۰۹، ص ۵۶۷ و ۵۶۸).

جکسون[8] (۱۹۹۱)، بیان کرد که باید بین خطای ضرایب (خطای تخمین ضرایب) و تغییر ضرایب (تغییر تکنولوژی) تفاوت قائل شد. لذا موضوع، تحلیل حساسیت تغییر

1. Important Coefficinets
2. Dwyer and Waugh
3. Evans
4. Lahr et al.
5. Sherman and Morrison
6. Woodbury
7. Miller and Blair
8. Jackson

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

تکنولوژی بر تولید مطرح شد. اسکولیک[1] (۱۹۶۸) و جیلک[2] (۱۹۷۱) نخستین کسانی هستند که با استفاده از این روش اثر تغییر ضرایب فنی در جدول داده-ستانده را بر تولید کل بررسی کردند. از آنجا اثر تولید می‌تواند به اشتغال، درآمد، ارزش افزوده و مانند آن منتقل شود، لذا استفاده از این رویکرد در زمینه تحلیل حساسیت ضرایب فنی داده-ستانده بر تولید، ارزش‌افزوده، مصرف انرژی، اثرات زیست‌محیطی، اشتغال و رفاه گسترش یافت. (میلر و بلر، ۲۰۰۹، ص۵۷۳ و ۵۸۰).

با به‌کارگیری روش شناسایی ضرایب مهم در زمینه میزان مصرف انرژی، می‌توان مبادلات واسطه‌ای را که منجر به بالاترین رشد تقاضای انرژی می‌شوند را تعیین کرد و بر این اساس درجه اثرگذاری فعالیت‌های مختلف اقتصادی بر میزان تقاضای انرژی را تعیین نمود (ترانکون و همکاران[3]، ۲۰۱۲، ص۱۶۴). این روش نشان می‌دهد که تغییر کدام یک از ضرایب جدول داده-ستانده می‌تواند به تغییر بیشتر شدت استفاده از نهاده انرژی شود.

در رویکرد شناسایی ضرایب مهم، روابط به صورت کشش بیان می‌شوند و کشش بزرگ‌تر از واحد به این معناست که یک تغییر کوچک در ضریب تکنولوژی (رویکرد تقاضامحور لئونتیف) منجر به یک تغییر بزرگ‌تر از یک در میزان تقاضای نهاده واسطه انرژی می‌شود. در نتیجه بخش‌هایی که کشش آنها بزرگ‌تر از واحد می‌باشد بخش‌هایی هستند که تقاضای بیشتری از انرژی دارند و منجر به سطح مصرف انرژی بیشتری می‌شوند. بالعکس کشش کوچک‌تر از یک به این معناست که یک تغییر کوچک در ضریب تکنولوژی (رویکرد تقاضامحور لئونتیف) منجر به یک تغییر کمتر از واحد در میزان تقاضای انرژی می‌شود. در نتیجه بخش‌هایی که کشش آنها کمتراز واحد می‌باشد بخش‌هایی هستند که تأثیر کمتری بر مصرف انرژی دارند و منجر به تقاضای کمتری برای نهاده واسطه انرژی می‌شوند.

ذکر این نکته ضروری است که روش شناسایی ضرایب مهم جدول داده-ستانده تنها در یک مقطع زمانی و با یک جدول صورت می‌گیرد. لذا در عمل تغییر تکنولوژی مترادف جایگزینی تکنولوژی می‌باشد، زیرا که تغییر تکنولوژی نیازمند تغییر زمان بوده و برای این منظور حداقل دو جدول داده-ستانده در دو زمان مختلف بر اساس

1. Sekulic
2. Jilek
3. Tarancon, et.al

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

قیمت‌های یک سال پایه مورد نیاز است؛ در حالی که در این رویکرد فقط به یک جدول نیاز است و مسئله زمان به‌طور خودکار قابل طرح نیست. بنابراین تغییر تکنولوژی به معنای جایگزینی تکنولوژی در بخش‌های اقتصادی با فرض جایگزینی فناوری‌های با کارایی بیشتر انرژی به جای فناوری‌های با کارایی کمتر انرژی است. در این خصوص شناسایی ضرایب مهم در قالب یک تحلیل کوتاه‌مدت با رویکرد تعادل جزئی مطرح می‌شود که منجر به محاسبه کشش تقاضای انرژی نسبت به جایگزینی تکنولوژی می‌شود. لذا نیاز است تا تغییرات به میزان بسیار کوچک مثلا ۱٪ اعمال شود.

۳- مروری بر مطالعات تجربی داخلی و بین‌المللی

در ایران مطالعات مختلفی با الگوهای متفاوت باهدف برآورد آثار سیاست‌گذاری از جمله تغییرات قیمت و تکنولوژی بر مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی انجام شده است. با این وجود، بررسی پیشینه پژوهش در داخل ایران نشان می‌دهد مطالعات محدودی با پیشینه بررسی ضرایب مهم و تحلیل حساسیت بخش‌های اقتصادی نسبت به شاخص‌های مختلف از جمله تغییرات ضرایب فنی یا تکنولوژیکی بر مصرف انرژی یا دی‌اکسید کربن در ایران انجام شده است. در حالی که در سطح بین‌المللی مطالعات وسیعی با تأکید بر رویکرد ضرایب مهم داده-ستانده و محاسبه تحلیل حساسیت و کشش‌پذیری بخش‌های اقتصادی در شدت انرژی و شدت انتشار دی‌اکسید کربن صورت گرفته است. در این مطالعات به نقش ضرایب فنی تولید در جداول داده-ستانده در تبیین آثار تکنولوژی و ساختاری بخش‌های اقتصادی در کاهش یا افزایش شدت انرژی و شدت انتشار کربن به‌ویژه از سمت تقاضا تأکید شده است. در ادامه در جدول (۲) و (۳) به ترتیب به مطالعات داخلی و بین‌المللی اشاره شده است.

جدول ۲. مروری بر مطالعات تجربی داخلی

نویسنده (سال)	موضوع	مدل	خلاصه نتایج
عباسی نژاد (۱۳۸۵)	تحلیل اثر افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی بر بخش‌های اقتصادی	رویکرد داده-ستانده	افزایش در قیمت فرآورده‌های نفتی باعث افزایش شاخص بهای قیمت تولیدکننده در بخش‌های حمل‌ونقل، آب و برق و... می‌شود که نشان‌دهنده آن است که این بخش‌ها از شدت انرژی بالایی برخودار بوده و از فرآورده‌های نفتی به‌عنوان نهاده اصلی استفاده می‌کنند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

نویسنده (سال)	موضوع	مدل	خلاصه نتایج
جهانگرد (۱۳۸۹)	تحلیل و ارزیابی تعدیل قیمت بنزین و گازوئیل و تأثیر آن برهزینه زندگی و مصرف در ایران	رویکرد داده- ستانده	در اثر افزایش قیمت بنزین و گازوئیل، بیشترین افزایش هزینه خانوارها مربوط به گروه خدمات حمل‌ونقل و ارتباطات و... است و همچنین اولین گروه از کالاها و خدماتی که با کاهش مصرف همراه بوده‌اند، گروه خدمات تفریح و سرگرمی و تحصیل و کالاهای متفرقه است.
جهانگرد و تجلی (۱۳۹۰)	تجزیه ی شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران	روش تجزیه	عواملی چون تغییر فناوری تولید، اصلاح قیمت‌های انرژی، جانشینی حامل‌های انرژی، تغییر کارایی انرژی و همچنین مدیریت تقاضای انرژی نقش مؤثرتری در تغییر شدت انرژی بری کل صنایع داشته‌اند.
هوشمند و همکاران (۱۳۹۱)	بررسی تأثیر افزایش قیمت برق و سایر حامل‌های انرژی بر تقاضای برق بخش صنعت در ایران	الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر (CGE)	با افزایش قیمت همزمان حامل‌های انرژی بیشترین کاهش در تقاضای برق مربوط به بخش انرژی است و با افزایش قیمت برق کشش تقاضای برق در صنایع انرژی‌بر، بخش انرژی و سایر صنایع کوچک‌تر از یک می‌باشد.
زهرا نصراللهی و همکاران (۱۳۹۲)	ارزیابی زیست محیطی فعالیت‌های اقتصادی(یزد)	رویکرد داده- ستانده	با مشخص شدن بخش‌هایی که بیشترین سهم در انتشار دی‌اکسیدکربن یک سری از بخش‌ها با توجه به ماهیت فنی، نیازمند بازسازی و نوسازی هستند و بخش‌هایی مانند حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات، علاوه بر نوسازی و بازسازی نیازمند اصلاح روابط متقابل بین‌بخشی و استفاده از روش‌های کارآمدتر ارتباطات و حمل‌ونقل هستند.
محمدی و همکاران (۱۳۹۳)	مدل‌سازی تقاضای برق در بخش صنعت ایران	سری زمانی ساختاری	نتایج تخمین مدل نشان می‌دهد که عوامل برون‌زای غیراقتصادیی چون پیشرفت تکنولوژی، تغییرات ساختاری و... در شکل‌گیری تقاضای برق در بخش صنعت، نقش مؤثری دارند.
شارعی و همکاران (۱۳۹۶)	سنجش شدت انتشار دی‌اکسیدکربن صنایع انرژی‌بر: رویکرد تقاضامحور لئونتیف و عرضه محور گش	رویکرد داده- ستانده	نتایج حاصل از دو رویکرد تقاضا محور لئونتیف و عرضه‌محور گش نشان می‌دهد که یک درصد تغییر تکنولوژی و توزیع هر کدام از بخش‌های ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی، ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای و ساخت فلزات اساسی و ساخت کانی غیرفلزی منجر به کاهش بیش از یک درصد شدت انتشار دی‌اکسیدکربن تمام پنج صنعت انرژی‌بر مورد بررسی شده است.
بابایی و جلالی‌فر (۱۳۹۷)	کاربرد الگوی داده – ستانده به‌منظور ارزیابی جایگاه بخش نفت و گاز در اقتصاد ایران	رویکرد داده- ستانده	در این مقاله، برای بررسی جایگاه بخش نفت و گاز در اقتصاد ایران، ضرایب متنوعی از جمله ضرایب پسین و پیشین محاسبه شده‌اند. براساس یافته‌های این مقاله، بخش خدمات مهم‌ترین عرضه‌کننده نهاده‌های مورد نیاز برای تولید در بخش نفت و گاز می‌باشد شاخص حساسیت انتشار برای صنعت نفت، بزرگ‌تر از واحد بوده که نشان می‌دهد سایر بخش‌ها از محصولات این صنعت در پیشبرد مقاصد

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

نویسنده (سال)	موضوع	مدل	خلاصه نتایج
			تولیدی خود به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به نحو مطلوبی استفاده می‌کنند. صنعت نفت از نظر کشش تولید کل رتبه سوم را به خود اختصاص داده، که از یک طرف اهمیت این صنعت را از نظر پیوند با سایر فعالیت‌های اقتصادی و از طرف دیگر نقشی است که این صنعت بیان کننده در جبران تقاضای نهایی دارد.
رنجبری و همکاران (۱۳۹۹)	اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شاخص‌های اقتصاد انرژی سبز در ایران (سنجش میزان و کشش انتشار دی‌اکسیدکربن)	رویکرد داده-ستانده	در این مطالعه که با استفاده از جدول داده-ستانده به‌هنگام شده سال ۱۳۸۹ بهره گرفته شده است، نتایج در خصوص بخش‌های اقتصادی ایران نشان می‌دهد که بخش‌های حمل و نقل، صنایع کانی‌های غیرفلزی و فلزات اساسی، به‌ترتیب بیشترین اثرگذاری را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در انتشار دی‌اکسید کربن داشته‌اند.

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. مروری بر مطالعات تجربی بین‌المللی

نویسنده (سال)	موضوع	مدل	خلاصه نتایج
ترانکن و دلریو (۲۰۰۷)	انتشار دی‌اکسیدکربن و روابط میان بخش‌ها. مورد اسپانیا	رویکرد داده-ستانده	میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به چهار عامل، شدت انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش (عامل شدت دی‌اکسیدکربن)، میزان جریان‌های اقتصادی بین بخش‌ها (عامل مقیاس)، روابط تولیدی در اقتصاد (عامل تولید تکنولوژی) و ساختار تقاضای نهایی از بخش‌های مختلف (عامل تقاضا) بستگی دارد.
ترانکن و همکاران[1] (۲۰۱۰)	ارزیابی تأثیر بخش‌های تولیدی در تقاضای برق	رویکرد داده-ستانده	ابزار درونی اثر جانبی دی‌اکسیدکربن در قیمت‌های برق منجر به افزایش قیمت برق و در نتیجه منجر به استفاده از فناوری برق به صرفه و کاهش تقاضای برق در بخش تولید می‌شود، که موجب کاهش سرمایه‌گذاری در بخش تولید و عرضه برق و تغییر تعادل سرمایه‌گذاری به سمت تقاضای برق می‌شود.
فومین و کیمورا[2] (۲۰۱۴)	تجزیه و تحلیل در کشش قیمتی تقاضای انرژی در شرق آسیا: شواهد	رگرسیون خطی	کشش قیمتی شهرستان‌های در حال توسعه از کشش قیمتی کشورهای توسعه یافته حساس‌تر است و در کشش درآمدی، درآمد نسبت به مصرف انرژی بسیار حساس است. درجه حساسیت کشش

1. Tarancon, et al.
2. Phoumin and Kimura

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

نویسنده (سال)	موضوع	مدل	خلاصه نتایج
	تجربی و الزامات سیاست‌گذاری برای شرق آسیا		قیمتی هر کشوری به کشور دیگر بسته به مشخصات ساختار اقتصادی و دوگانگی سطح درآمدی آن میان کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته متفاوت است.
یان و همکاران[1] (۲۰۱۶)	کشش‌پذیری شدت انتشار کربن نسبت به تغییر عرضه و تکنولوژی صنایع انرژی‌بر	رویکرد داده-ستانده	در این مطالعه نیز با استفاده از رویکرد ضرایب مهم داده-ستانده مبتنی بر مقایسه مدل عرضه‌محور گش و لئونتیف، نتایج درخصوص کشور چین نشان می‌دهد که از منظر تقاضا، تغییر تکنولوژی تولید بر انتشار کربن صنعت ساختمان بیشترین اثر را دارد. از منظر عرضه، بخش استخراج نفت و گاز بیشترین اثر را بر شدت انتشار دی اکسید کربن در چین دارند.
یوآن و ژائو[2] (۲۰۱۶)	ترکیبی از کشش و تحلیل داده-ستانده در تحلیل شدت انتشار کربن صنایع پرمصرف انرژی: مطالعه موردی چین	رویکرد داده-ستانده	در این مطالعه با استفاده از کشش ضرایب فنی، دو مفهوم کشش ضرایب فنی تکنولوژیکی و دیگری کشش ضرایب فنی ساختاری مطرح شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، صنایعی که به ضرایب فنی ساختاری حساسیت دارند، به‌دلیل سطح بالای تقاضا با افزایش شدت انتشار کربن مواجه هستند، در حالی که صنایع حساس به ضرایب فنی تکنولوژیکی، عمدتاً متأثر از تغییرات نوآورانه و فنی بخش‌های اقتصادی، کاهش شدت انتشار کربن را در طول زمان تجربه کردند.
لی و همکاران[3] (۲۰۱۷)	تحلیل کشش شدت انتشار کربن مرتبط با انرژی چین برای سال ۲۰۱۲ با مدل داده-ستانده	رویکرد داده-ستانده	نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات ضرایب فنی اثر بیشتری بر شدت انتشار دی اکسید کربن نسبت به اثر تغییرات تقاضا بر همین شاخص در سطح بخش‌های اقتصادی دارد.
گوآ و همکاران[4] (۲۰۱۸)	بخش‌های کلیدی صرفه‌جویی‌کننده در انرژی و کاهش انتشار کربن در چین: شواهدی از مدل داده-ستانده	رویکرد داده-ستانده	در این مطالعه با استفاده از رویکرد ضرایب مهم، بخش‌های کلیدی که امکان کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار کربن در آنها وجود دارد مبتنی بر کشش و تحلیل حساسیت تقاضای انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی در چین شناسایی شده‌اند.

منبع: نتایج تحقیق

1. Yan, et al.
2. Yuan and Zhao
3. Li, et al.
4. Guo, et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

با مروری بر مطالعات تجربی انجام شده مشاهده می‌شود که مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعاتی که در ایران و در سطح بین‌المللی انجام شده است از سه منظر متفاوت است:

الف- جهت بررسی تغییر قیمت حامل‌های انرژی و تغییرات ناشی از آن (از جمله تغییرات تکنولوژیکی که عمدتاً در چارچوب توصیه‌های سیاستی مورد ملاحظه قرار می‌گیرد) بر تقاضای انرژی غالباً از رگرسیون‌های اقتصادسنجی و مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر استفاده شده است. در این مطالعه برای اولین‌بار میزان حساسیت تقاضای انرژی نسبت به تغییرات تکنولوژی بخش‌های اقتصادی ایران مورد توجه قرار گرفته است.

ب- در مطالعات انجام شده در ایران به بررسی و تحلیل حساسیت تولید بخش‌ها و کشش تکنولوژی تولیدی به بخش انرژی در قالب مبانی نظری رویکرد ضرایب مهم داده-ستانده پرداخته نشده است.

ج- در این مطالعه، برای اولین بار در چارچوب مبانی نظری شناسایی ضرایب مهم، به دلایل نااطمینانی ضرایب فنی در چارچوب مبادلات واسطه بین‌بخش‌های اقتصادی پرداخته شده است. این موضوع، اهمیت جایگاه نظری شناسایی ضرایب مهم و همچنین موضوع مطالعه حاضر، یعنی تحلیل حساسیت تغییر ضریب تکنولوژی بخش انرژی در ارتباط با سایر بخش‌های اقتصادی را نشان می‌دهد.

د- در مطالعات گذشته حتی مطالعات انجام شده در سطح بین‌المللی از جمله مطالعات گوآ و همکاران (۲۰۱۸) و همچنین لی و همکاران (۲۰۱۷) به ماهیت جدول و بومی بودن ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی در محاسبه کشش‌ها توجه نشده است. عدم توجه به ماهیت داخلی جدول، منجر به بیش برآورد یا کمتر از حد برآورد شدن کشش‌پذیری بخش‌های تولیدی شده و عدم توجه به آن به نتایج پژوهش خدشه وارد خواهد نمود.

۴- روش پژوهش

تحلیل حساسیت تغییر تکنولوژی در میزان مصرف انرژی بخش‌های اقتصادی نیازمند شناسایی ضرایب مهم است که با توجه به این امر شناخت ساختار تولید و روابط بین بخشی آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و بالطبع الگوی تقاضا محور لئونتیف نیز حائز اهمیت خواهد بود. در راستای هدف مطالعه حاضر، الگوی تقاضا محور

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

لئونتیف بیانگر آن است که تغییر در تکنولوژی کدام یک از بخش‌های اقتصادی منجر به بیشترین تغییر در تقاضای انرژی می‌شود. با توجه به گستردگی استفاده از تحلیل‌های داده-ستانده برای تبیین و شناسایی مبادلات واسطه‌ای بین بخشی، برای مشخص کردن پیوند میان مصرف انرژی و بخش‌های اقتصادی و میزان حساسیت بخش‌های اقتصادی به مصرف انرژی، از مبانی نظری جداول داده- ستانده استفاده می‌کنیم.

جدول داده-ستانده نمایانگر حساب‌های مالی در یک سال معین یک کشور است که وضعیت اقتصادی و روابط و فعالیت‌های اقتصادی بین بخش‌ها را نشان می‌دهد به‌گونه‌ای که بخش‌های اقتصادی برای تولید محصولات خود به چه محصولات بخش‌های دیگر نیاز دارند و خود به بخش‌های دیگر چه محصولاتی را عرضه می‌کنند.

مشخص کردن پیوند مصرف انرژی و بخش‌های اقتصادی نیاز به بررسی تکنولوژی به کار گرفته شده در تولید بخش‌ها دارد. در الگوی تقاضا محور لئونتیف، از تقسیم درایه‌های هر ستون در ماتریس مبادلات واسطه‌ای داخلی بین بخشی بر ستانده داخلی همان بخش ضرایب فنی آن بخش به‌دست می‌آید که در نهایت ماتریس ضرایب فنی تشکیل می‌شود، که بیانگر میزان داده‌ای است که هر بخش برای تولید یک واحد از محصولاتش نیاز دارد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$a_{ik} = \frac{x_{ik}}{X_k} \qquad (۱)$$

x_{ik} بیانگر ارزش تولید واسطه است که بخش kام برای تولید یک واحد محصول خود از بخش iام تقاضا می‌کند و X_k بیانگر ستانده کل بخش kام است.

در ماتریس ضرایب فنی، هر ستون به گونه‌ای نشان دهنده تکنولوژی هر بخش هستند به این معنا که هر بخش به چه میزان از نهاده واسطه‌ای بخش‌های دیگر نیاز دارد تا بتواند یک واحد از محصولات خود را تولید کند. از طرفی هر کدام از این نهاده‌های واسطه خود برای تولید شدن به نهاده‌های بخش‌های اقتصادی دیگر نیاز دارند. این چرخه نشان دهنده نیازهای مستقیم و غیرمستقیم بخش‌های اقتصادی برای تولید یک واحد از محصولاتشان است. برای بیان تمامی داده‌هایی که بخش‌های اقتصادی برای تولید یک واحد از محصولات نیاز دارند از ماتریس معکوس لئونتیف یا به‌عبارتی ماتریس ضرایب فزاینده تولید (B_{ik}) استفاده می‌شود، که بدین صورت است:

$$B_{ik} = (I - A_{ik})^{-1} \qquad (۲)$$

بر مبنای رابطه بالا، جمع هر یک از ستون‌های ماتریس ضرایب فزاینده تولید بر مبنای الگوی لئونتیف نشان دهنده آن است با افزایش یک واحد تقاضای نهایی در بخش

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

kام، به چه میزان ستانده کل بخشiام به‌طور مستقیم و غیرمستقیم افزایش می‌یابد. الگوی تقاضامحور لئونتیف، بر اساس رابطه تراز تولیدی زیر تعریف می‌شود:

$$x_m = \sum_{i=1}^{n} b_{mi}\, y_i \qquad (۳)$$

در این رابطه، x_m بیانگر ستانده بخش انرژی (بخش mام) است، و نشان می‌دهد که چه میزان انرژی در این بخش باید تولید شود تا تولید کالاها و خدمات در تمامی بخش‌های اقتصادی را با توجه به میزان تقاضای متناظر هر بخش تأمین نماید. تغییر در ضرایب فنی برای هر بخش اقتصادی بر تولید انرژی اثرگذار بوده که این تغییر از طریق تغییر در عناصر سطر mام ماتریس معکوس لئونتیف خواهد بود که به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\Delta x_m = \sum_{i=1}^{n} \Delta b_{mi}\, y_i \qquad (۴)$$

همان‌گونه قبلا مطرح شد در این پژوهش با استفاده ار رویکرد شناسایی ضرایب فنی مهم به بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم تغییرات نوسان تقاضای انرژی ناشی از تغییر ضرایب فنی در این مطالعه بر مبنای تحقیقات ترانکنون و دلریو (۲۰۱۲) پرداخته می‌شود. اما با توجه به اینکه تغییر در عناصر یک ماتریس منجر به تغییر عناصر ماتریس معکوس نیز می‌شود، لذا تغییر ضرایب فنی در ماتریس ضرایب مستقیم منجر به تغییر عناصر ماتریس معکوس لئونتیف می‌شود. هر کدام از ضرایب فنی (a_{ik}) که منجر به تغییر بزرگ‌تری در ضرایب فزاینده (b_{mi}) شود به‌عنوان ضرایب مهم شناخته می‌شوند. شرمن- موریسن (۱۹۵۰) عبارتی را که تغییر در ضرایب فنی را به تغییر در عناصر ماتریس معکوس لئونتیف ارتباط می‌دهد به صورت رابطه (۵) بیان کردند[۱]:

$$\Delta b_{mi} = \frac{b_{mi} b_{ki} \Delta a_{ik}}{1 - b_{ki} \Delta a_{ik}} \qquad (۵)$$

که در آن Δb_{mi} همان تغییرات در تقاضای مستقیم و غیرمستقیم بخش انرژی (بخش mام) به ازای افزایش در تقاضای تولیدات بخش iام است. همچنین، b_{ki} به افزایش تقاضای مستقیم و غیرمستقیم برای کالاها و خدمات بخش kام به ازای افزایش یک واحد تقاضای نهایی بخش iام گفته می‌شود.

با ادغام روابط (۴) و (۵) خواهیم داشت:

$$\Delta x_m = \sum_{i=1}^{n} \frac{b_{mi} b_{ki} \Delta a_{ik}}{1 - b_{ki} \Delta a_{ik}}\, y_i = \frac{b_{mi} x_k \Delta a_{ik}}{1 - b_{ki} \Delta a_{ik}} \qquad (۶)$$

۱. روابط مربوط به محاسبات رابطه شرمن و موریسن در پیوست مقاله آورده شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

رابطه (۶) میزان تغییر در تقاضای انرژی بخش m ام ناشی از تغییر ضریب فنی a_{ik} را نشان می‌دهد. برای پاسخگویی به این پرسش اساسی که کدام بخش اقتصادی دارای بیشترین میزان تقاضای انرژی در رویکرد تقاضا محور لئونتیف است، باید از مفهوم کشش استفاده نمود. بدین منظور کشش تقاضای انرژی بخش mام نسبت به تغییر ضریب فنی a_{ik} مطابق رابطه (۷) به‌دست می‌آید.

$$\varepsilon_{x_m\ a_{ik}} = \frac{\Delta x_m/x_m}{\Delta a_{ik}/a_{ik}} \quad , a_{ik}\neq 0 \qquad (۷)$$

که در آن $\frac{\Delta x_m}{x_m}$ به معنی نسبت تغییرات در تولید بخش انرژی به تولید بخش انرژی می‌باشد. همچنین، $\frac{\Delta a_{ik}}{a_{ik}}$ به معنی نسبت تغییرات در ضریب فنی بخش iام به دلیل افزایش یک واحد تقاضای نهایی کالا و خدمات در بخش kام است. در نهایت کشش تولید بخش انرژی نسبت به تغییرات تکنولوژی (تغییرات ضرایب فنی بخش‌های اقتصادی) یعنی $\varepsilon_{x_m\ a_{ik}}$ به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود:

$$\varepsilon_{x_m\ a_{ik}} = \frac{\Delta x_m/x_m}{\Delta a_{ik}/a_{ik}} = \frac{b_{mi}a_{ik}}{1-b_{ki}\Delta a_{ik}}\frac{x_k}{x_m} \qquad (۸)$$

که در آن $\frac{x_k}{x_m}$ نسبت تولید بخش kام به تولید بخش انرژی می‌باشد. با در نظر گرفتن تغییرات ضرایب فنی به میزان ۱٪، کشش تولید بخش انرژی به صورت رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_{x_m\ a_{ik}} = \frac{\Delta x_m/x_m}{\Delta a_{ik}/a_{ik}} = \frac{b_{mi}a_{ik}}{1-0/01b_{ki}a_{ik}}\frac{x_k}{x_m} \qquad (۹)$$

رابطه (۹) درصد تغییر در تولید بخش انرژی یعنی بخش mام را به ازای یک درصد تغییر در ضریب فنی a_{ik} را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی کل حساسیت بخش (ستون ضرایب فنی) نسبت به اثرشان بر میزان تولید بخش انرژی، متوسط کشش‌های ضرایب فنی متناظر (هر ستون) به صورت زیر است:

$$\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}} = \frac{(\sum_{i=1}^{n}\frac{b_{mi}a_{ik}}{1-0/01b_{ki}a_{ik}})\frac{x_k}{x_m}}{n} \qquad (۱۰)$$

از آنجا در روابط (۸) و (۹) نسبت $\frac{x_k}{x_m}$ وجود دارد، به این معناست که در رویکرد تقاضامحور لئونتیف کشش تولید بخش انرژی نسبت به ضریب فنی a_{ik} به مقدار تولید بخش kام نسبت به تولید بخش mام بستگی دارد و این مقدار نیز به تقاضای نهایی بستگی دارد. بنابراین تغییر در ضریب فنی a_{ik} می‌تواند ناشی از تغییر تکنولوژی بخش

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

k و یا تغییر تقاضای نهایی برای محصول بخش k باشد. لذا این کشش فقط تعیین‌کننده ارتباط تکنولوژیکی نبوده و از آنجا این پژوهش به دنبال اثر تکنولوژی بر تقاضای انرژی است، می‌توان با فرض y=۱ روابط (۱۱) و (۱۲) را به‌دست آورد که تغییر تولید بخش انرژی را صرفاً ناشی از تغییر تکنولوژی، مستقل از تغییرات تقاضای نهایی نشان می‌دهند. بنابراین رابطه (۱۱) و (۱۲) به صورت زیر ارائه می‌شوند:

$$\varepsilon^{*}_{x_m\ a_{ik}} = \frac{\frac{\Delta x_m}{x_m}}{\frac{\Delta a_{ik}}{a_{ik}}} = \frac{b_{mi}a_{ik}}{1-b_{ki}\Delta a_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^{n} b_{ki}}{\sum_{i=1}^{n} b_{mi}} \qquad (۱۱)$$

رابطه (۱۱) کشش تولید بخش انرژی یعنی بخش mام نسبت به تکنولوژی بخش kام است و بیان می‌کند که با یک درصد تغییر تکنولوژی بخش kام میزان تولید بخش انرژی بخش mام چند درصد تغییر می‌کند.

$$\overline{\varepsilon}^{*}_{x_m\ a_{ik}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_{mi}a_{ik}}{1-b_{ki}\Delta a_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^{n} b_{ki}}{\sum_{i=1}^{n} b_{mi}}}{n} \qquad (۱۲)$$

رابطه (۱۲) بیان می‌کند که به ازای یک درصد تغییر در بردار ضرایب فنی a_{ik} در تمامی بخش‌های اقتصادی، تولید بخش انرژی به‌طور متوسط چند درصد تغییر می‌کند. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به آنکه تحلیل مذکور در یک جدول داده-ستانده و در یک لحظه از زمان صورت می‌گیرد، لذا تغییر تکنولوژی در روابط فوق به‌معنای جایگزینی تکنولوژی با کارایی انرژی بالاتر به جای تکنولوژی با کارایی انرژی پایین‌تر در یک لحظه از زمان می‌باشد. در نهایت، براساس این تعریف، بخش‌هایی که دارای کشش تولید انرژی بزرگ‌تر از یک باشند، بیشترین تأثیر را بر تقاضای انرژی گذاشته و به‌منظور سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و در پی آن کاهش میزان آلودگی مورد توجه سیاست‌گذاران می‌باشند.

۵- پایه‌های آماری

در محاسبات این پژوهش از جداول داده- ستانده بخش در بخش سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران استفاده (زیرا بروزترین جدول داده- ستانده در دسترس می‌باشد) استفاده

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

شده است. لازم به ذکر است به‌منظور به‌دست آوردن جدول داده-ستانده داخلی، تفکیک واردات نیز انجام شده است.[۱]

۶- یافته‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج

در این قسمت با توجه به روابط (۹) و (۱۲)، مطرح شده در بخش سوم، نتایج حاصل از پژوهش از دیدگاه الگوی تقاضا محور لئونتیف ارائه می‌شود.

تحلیل متوسط کشش نرمال شده تولید انرژی نسبت به یک درصد تغییر در ضرایب فنی بخش kام ($\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$)[۲]

در این قسمت با توجه به رابطه (۹) در بخش سوم به بیان نتایج و تحلیل محاسبات صورت گرفته در پژوهش می‌پردازیم. $\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$ بیان کننده متوسط کشش نرمال شده تولید انرژی نسبت به یک درصد تغییر در ضرایب فنی بخش k ام است که نشان می‌دهد تغییر در ضرایب فنی بخش‌های اقتصادی به چه میزان بر تقاضای انرژی تأثیرگذار بوده و موجب تغییر آن می‌شود. به عبارت دیگر این مقادیر میزان تغییرات تولید بخش انرژی را نسبت به ضرایب فنی هر بخش نشان می‌دهد، که برای دست یافتن به این منظور کشش تولید انرژی هر بخش نرمال شده است، به‌گونه‌ای‌که متوسط کشش برای بخش‌های اقتصادی برابر یک باشد. بنابراین متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده هر بخش، یکی از حالت‌های کشش بزرگ‌تر از یک و یا کشش کم‌تر یک را دارا است. با توجه به رابطه (۹)، نتایج حاصل از متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده بخش‌های اقتصادی در جدول (۴) بیان شده است:

---

۱. واردات در فعالیت‌ها و مبادلات واسطه‌ای میان بخش‌های اقتصادی به‌صورت ضمنی موجود است، به‌طوری‌که می‌تواند بر اندازه ضرایب فنی محاسبه شده در ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی به شدت اثرگذار باشد. در واقع خارج کردن سهم واردات از ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی نقش تکنولوژی داخلی و وضعیت حسایت بخش‌ها را بر اساس روابط بومی بین بخشی تعیین می‌کند و لذا منجر به بیش برآورد یا کمتر از حد برآورد شدن ضرایب فنی و ضرایب فزاینده بخش‌ها نخواهد شد. بنابراین با در نظر گرفتن رقابتی بودن واردات تفکیک واردات صورت می‌گیرد. به‌منظور اطلاعات بیشتر در خصوص روش‌های تفکیک واردات به مطالعه بانوئی (۱۳۹۱) مراجعه فرمائید.

۲. ذکر این نکته ضروری است که به منظور مقایسه بهتر، نتایج حاصله از روابط مذکور نرمال‌سازی شده‌اند و به‌صورت ارقام بالاتر از یک و پایین‌تر از یک گزارش شده‌اند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

جدول ۴. حساسیت ضرایب فنی با استفاده از $\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$

ردیف	رشته‌فعالیت‌ها	$\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$
۱	انرژی ثانویه[۱]	۴,۸۹
۲	کشاورزی، شکار و جنگلداری و ماهیگیری	۰,۱۴
۳	استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۰,۰۲۱
۴	استخراج معدن	۰,۰۲۹
۵	ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی‌ها، توتون و تنباکو	۰,۰۴۹
۶	صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۰,۰۲۳
۷	ساخت چوب و کاغذ و فرآورده‌های مرتبط با آن	۰,۰۱۳
۸	ساخت مواد شیمیایی، لاستیکی و پلاستیکی و محصولات مرتبط با آن‌ها	۱,۰۴۹
۹	ساخت شیشه و محصولات شیشه ای	۰,۰۰۴
۱۰	ساخت محصولات کانی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰,۱۸۵
۱۱	ساخت، تعمیر و نصب فلزات اساسی و سایر صنایع	۰,۳۴۴
۱۲	آب‌رسانی، مدیریت پسماند، فاضلاب و فعالیت‌های تصفیه	۰,۰۱۶
۱۳	ساختمان	۰,۰۹۸
۱۴	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها	۰,۲۴۳
۱۵	حمل‌ونقل	۰,۳۱۵
۱۶	انبارداری و پست	۰,۰۰۶
۱۷	فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا	۰,۰۱۳
۱۸	اطلاعات و ارتباطات	۰,۰۳۰
۱۹	فعالیت‌های مالی و بیمه	۰,۰۱۴
۲۰	خدمات واحدهای مسکونی، غیرمسکونی، املاک و مستغلات	۰,۰۰۰
۲۱	فعالیت‌های اداری و خدمات پشتیبانی، اداره امور عمومی و دفاع	۰,۰۵۹
۲۲	آموزش	۰,۰۲۹
۲۳	سلامت و بهداشت	۰,۰۲۲۵
۲۴	هنر، سرگرمی، تفریح و سایر فعالیت‌های خدماتی	۰,۰۲۲۰

منبع: یافته‌های تحقیق

۱. انرژی ثانویه شامل بخش‌های تولیدکننده برق، گاز طبیعی و تولید فرآورده‌های نفتی می‌باشد که از وضعیت انرژی اولیه (نفت خام و گاز طبیعی) خارج شده و به انرژی قابل استفاده تبدیل شده‌اند. این انرژی‌ها طبق تعریف انرژی ثانویه حاصل از انرژی اولیه (Primary Energy) هستند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

نتایج ارائه شده در جدول (۴) نشان می‌دهد که براساس الگوی تقاضا محور لئونتیف، به ازای یک درصد تغییر در ضرایب فنی بخش‌های اقتصادی که دارای متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده بزرگ‌تر از یک هستند، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، با تغییر بیشتر از یک درصد در تقاضای بخش انرژی مواجه خواهیم شد، در نتیجه می‌توان گفت بخش‌های اقتصادی که متوسط کشش آن‌ها بزرگ‌تر از یک است، بخش‌هایی هستند که به لحاظ ساختاری بر تقاضای انرژی بسیار تأثیرگذار خواهند بود. به‌عنوان نمونه، یک درصد تغییر در بردار ضرایب فنی بخش ساخت مواد شیمیایی، ۱,۰۴ درصد تقاضای بخش انرژی را به‌طور متوسط در کل اقتصاد افزایش می‌دهد. در مقابل بخش‌هایی هستند که متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده آن‌ها کم‌تر از یک است که تغییر در ضرایب فنی آن‌ها موجب تغییر چندانی در تقاضای بخش انرژی نمی‌شود، به‌طور مثال، یک درصد تغییر در بردار ضرایب فنی بخش حمل و نقل، ۰,۳۱۵ درصد تقاضای بخش انرژی را به‌طور متوسط در کل اقتصاد افزایش می‌دهد. نتایج کلی جدول (۴) به این صورت می‌باشد:

(الف) بخش‌هایی که دارای متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده بزرگ‌تر از یک هستند، بخش‌های انرژی ثانویه و ساخت محصولات شیمیایی، لاستیکی و پلاستیکی و محصولات مرتبط به آن هستند، در واقع، این تغییرات عمده میزان انرژی‌بری بخش‌های اقتصادی یادشده را نشان می‌دهد و اینکه سیاست‌گذار به‌منظور حفظ کارایی انرژی نیاز است تا با چه اولولیتی و تا چه میزان جایگزینی تکنولوژی را در بخش مذکور صورت دهد.

(ب) بخش‌هایی که متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده آن‌ها کم‌تر از یک هستند، زیر بخش‌های کشاورزی، سایر بخش‌های صنعتی به غیر از بخش‌های تولیدکننده انرژی و ساخت محصولات شیمیایی، لاستیکی و پلاستیکی و محصولات مرتبط به آن، بانک و بیمه، ساخت وسایل نقلیه موتوری و سایر تجهیزات، ساخت محصولات غذایی و آشامیدنی، امور عمومی، دفاعی و انتظامی، خدمات املاک و مستغلات، آموزش، بهداشت و درمان، سایر خدمات هستند که متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده آن‌ها بسیار پایین است. در این دسته‌بندی بخش ساخت، تعمیر و نصب فلزات اساسی و سایر صنایع با کشش ۰,۳۴۴ و حمل و نقل با کشش ۰,۳۱۵

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

درصد، در دسته‌بندی کشش‌های کم‌تر از یک در بالاترین سطح و بخش خدمات ساخت واحدهای مسکونی و مستغلات با کشش ۰،۰۳ درصد کم‌ترین میزان کشش در پایین‌ترین سطح این گروه قرار دارند. بسیاری از بخش‌های مورد اشاره عمدتاً یا انرژی‌بر نیستند و یا اینکه تغییرات تکنولوژیکی در آنها به سرعت رخ می‌دهد، لذا انتظار می‌رود با تغییر وضعیت تولید، میزان تقاضای انرژی برخلاف گروه با کشش متوسط بزرگ‌تر از واحد، مطابق انتظار به همان نسبت افزایش نیابد.

تحلیل متوسط کشش نرمال شده تولید انرژی نسبت به یک درصد تغییر در تکنولوژی بخش kام ($\bar{\varepsilon}^{*}_{x_m\ a_{ik}}$)

در بخش قبلی پژوهش به تحلیل متوسط کشش نرمال شده تولید انرژی نسبت به یک درصد تغییر در ضرایب فنی با استفاده از شاخص $\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$ ارائه شد که طبق آن تحلیل حساسیت ضرایب فنی نسبت به تقاضای انرژی با توجه به ویژگی‌های تکنولوژیکی سیستم تولیدی و همچنین نسبت به تولید بخش kام به تولید بخش انرژی بیان شده است، به عبارتی براساس این محاسبه، به دلیل آن‌که محاسبه کشش مذکور تحت تأثیر تقاضای نهایی نیز می‌باشد، ترکیب تقاضای نهایی بخش‌ها نقشی تعیین کننده در میزان تقاضای انرژی هر بخش در کل اقتصاد دارند، بنابراین علاوه بر ارتباطات تکنولوژیکی بخش‌ها، رابطه ساختاری آن‌ها نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. اما برای محاسبه کشش تولید انرژی علاوه بر ساختار (که صرفاً به‌عنوان عامل جایگزینی تکنولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد) از شاخص کشش $\bar{\varepsilon}^{*}_{x_m\ a_{ik}}$ براساس رابطه (۱۲) استفاده می‌شود. این شاخص تصویر واقع‌بینانه‌تری از رابطه میان تغییر ضرایب فنی و تولید بخش انرژی را ارائه می‌دهد. بر این اساس متوسط کشش تکنولوژیکی تولید انرژی نرمال شده بخش‌های اقتصادی در جدول (۵) بیان شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

جدول ۵. حساسیت تولید بخش انرژی به تغییر تکنولوژی با استفاده از $\bar{\varepsilon}^{*}_{x_m\ a_{ik}}$

ردیف	رشته‌فعالیت‌ها	$\bar{\varepsilon}^{*}_{x_m\ a_{ik}}$
۱	انرژی ثانویه	۵,۷۶۳
۲	کشاورزی، شکار و جنگلداری و ماهیگیری	۱,۰۲۶
۳	استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۰,۹۴۲
۴	استخراج معدن	۱,۱۰۹
۵	ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی‌ها، توتون و تنباکو	۰,۹۱۶
۶	صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۱,۰۰۷
۷	ساخت چوب و کاغذ و فرآورده‌های مرتبط با آن	۱,۰۰۰۴
۸	ساخت مواد شیمیایی، لاستیکی و پلاستیکی و محصولات مرتبط با آن‌ها	۰,۰۰۰
۹	ساخت شیشه و محصولات شیشه ای	۱,۱۰۴
۱۰	ساخت محصولات کانی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۱,۲۱۴
۱۱	ساخت، تعمیر و نصب فلزات اساسی و سایر صنایع	۰,۹۷۳
۱۲	آب‌رسانی، مدیریت پسماند، فاضلاب و فعالیت‌های تصفیه	۱,۱۶۵
۱۳	ساختمان	۰,۹۶۵
۱۴	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها	۱,۰۷۱
۱۵	حمل‌ونقل	۱,۲۴۳
۱۶	انبارداری و پست	۱,۰۴۴
۱۷	فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا	۱,۰۲۴
۱۸	اطلاعات و ارتباطات	۱,۰۱۳
۱۹	فعالیت‌های مالی و بیمه	۰,۹۷۴
۲۰	خدمات واحدهای مسکونی، غیرمسکونی، املاک و مستغلات	۰,۹۳۴
۲۱	فعالیت‌های اداری و خدمات پشتیبانی، اداره امور عمومی و دفاع	۱,۰۰۳
۲۲	آموزش	۱,۰۱۱
۲۳	سلامت و بهداشت	۰,۹۹۰
۲۴	هنر، سرگرمی، تفریح و سایر فعالیت‌های خدماتی	۱,۰۸۲

منبع: یافته‌های تحقیق

در این قسمت از پژوهش با توجه به رابطه (۱۲) در بخش سوم، به تحلیل نتایج متوسط کشش تکنولوژیکی تولید انرژی نرمال شده نسبت به یک درصد تغییر در تکنولوژی بخش kام می‌پردازیم. این کشش بیانگر آن است که یک درصد تغییر در تکنولوژی بخش kام منجر به چه میزان تغییر در تولید انرژی می‌شود. در این محاسبات

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

نیز همانند بخش قبلی برای تحلیل مناسب با نرمال‌سازی محاسبات، نتایج بر مبنای عدد واحد قابل تحلیل است.

نتایج مندرج در جدول (۵) نشان می‌دهد که براساس الگوی تقاضا محور لئونتیف، بخش‌هایی که دارای متوسط کشش نرمال شده بزرگ‌تر از یک هستند با تغییر یک درصدی در تکنولوژی آن‌ها، تغییر بیشتری در تقاضای بخش انرژی رخ خواهد داد که نشان دهنده تأثیرگذار بودن آن بخش‌ها در تولید و در نهایت تقاضای بیشتر انرژی است. به‌عنوان مثال، با یک درصد تغییر در بردار تکنولوژی بخش ساخت محصولات کانی غیرفلزی، ۱,۲۱۴ درصد تقاضای برای تولید بخش انرژی افزایش خواهد یافت. همچنین بعضی از بخش‌های اقتصادی نیز دارای متوسط کشش نرمال شده کم‌تر از یک هستند که نشان دهنده این امر است که تغییر یک درصدی در تکنولوژی این بخش‌ها موجب تغییر چندانی در تقاضای بخش انرژی نمی‌شوند. به‌طور مثال، یک درصد تغییر در بردار تکنولوژی ساخت محصولات غذایی و آشامیدنی منجر به تغییر ۰,۹۱۶ درصدی در تقاضای بخش انرژی می‌شود. نتایج کلی جدول (۵) به این صورت می‌باشد:

(الف) بخش‌هایی که دارای متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده بزرگ‌تر از یک هستند عبارتند از: بخش‌های تولید انرژی ثانویه، کشاورزی، استخراج معدن، نساجی، ساخت چوب، ساخت محصولات شیشه‌ای، ساخت محصولات کانی غیرفلزی، آبرسانی و مدیریت فاضلاب و پسماند، خرده‌فروشی و عمده‌فروشی، حمل و نقل، انبارداری، پست و مخابرات، فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا، و .... در این دسته‌بندی بخش تولید انرژی ثانویه، مطابق انتظار با ۵,۷۳ درصد بیشترین و بخش سلامت و بهداشت با کشش نرمال شده ۱ درصد کم‌ترین سطح کشش را دارا هستند. مشاهده می‌شود برخلاف مقادیر محاسبه شده $\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$، میزان کشش تولید انرژی با حذف سهم ساختاری بخش‌های اقتصادی از محاسبه کشش، در این قسمت ارائه شده است. بنابراین مشاهده می‌شود در محاسبه کشش از طریق $\bar{\varepsilon}^{*}_{x_m\ a_{ik}}$ تغییرات تکنولوژی جدای از تغییرات تقاضای نهایی، تصویر دقیق‌تری از وضعیت بخش‌ها در تقاضا برای تولید انرژی می‌دهد. در این میان مطابق انتظار و به‌عنوان نمونه، بخش انرژی‌بر ساخت محصولات کانی غیرفلزی و حمل و نقل بدلیل وابستگی تکنولوژیکی به انرژی، به ازای تغییر در ضریب تکنولوژی، با تغییر بزرگ‌تری در تقاضا برای تولید انرژی به‌طور متوسط مواجه هستند. بخش‌های استخراج معدن، انرژی و عمده‌فروشی و خرده‌فروشی نیز مطابق انتظار با توجه به کارایی انرژی در ساختار مبادلات اقتصاد ایران، انرژی‌بری بالایی را نشان می‌دهد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

(ب) بخش‌هایی که متوسط کشش تولید انرژی نرمال شده کم‌تر از یک دارند نیز بخش‌های استخراج نفت خام و گاز طبیعی، ساخت محصولات غذایی و آشامیدنی، ساخت مواد شیمیایی، فلزات اساسی، ساختمان، مالی و بیمه و خدمات املاک و مستغلات هستند. در این تقسیم بندی بخش خدمات سلامت و بهداشت با کشش نرمال شده ۰,۹۹ درصد و بخش مواد غذایی و آشامیدنی با کشش نرمال شده ۰,۹۱ درصد به‌ترتیب بالاترین و کم‌ترین سطح را دارند.

مقایسه نتایج کشش‌های $\bar{\varepsilon}_{x_m\ a_{ik}}$ و $\bar{\varepsilon}^*_{x_m\ a_{ik}}$

در این بخش به مقایسه و بررسی نتایج حاصل از دو رابطه (۹) و (۱۲) می‌پردازیم. با توجه به نتایج حاصل از رابطه (۹) که در جدول (۴) درج گردیده است، بخش‌های ساخت محصولات شیمیایی و انرژی ثانویه بخش‌هایی هستند که کشش تولید انرژی آن‌ها بیشتر از یک بوده است. با بررسی نتایج حاصل از رابطه (۱۲) که در جدول (۵) ارائه شده است، بخش‌های تولید انرژی ثانویه، کشاورزی، استخراج معدن، نساجی، ساخت چوب، ساخت محصولات شیشه‌ای، ساخت محصولات کانی غیرفلزی، آبرسانی و مدیریت فاضلاب و پسماند، خرده‌فروشی و عمده‌فروشی، حمل و نقل، انبارداری، پست و مخابرات، فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا، و .... بخش‌هایی هستند که با کشش تکنولوژیکی بیشتر از یک همراه هستند. به‌عبارتی نتیجه حاصل از دو رابطه یکسان نبوده و تغییر یک درصدی در ضرایب فنی و یا در ضریب تکنولوژی (جدا کردن وضعیت ساختار تقاضای نهایی بخش‌ها از بخش انرژی در محاسبات) موجب تغییرات متفاوتی در تقاضای بخش‌های اقتصادی در جریان تولید خود برای تغییر تولید بخش انرژی می‌شوند.[۱] بخش انرژی ثانویه بخشی است که در هر دو رابطه به‌عنوان بخش با کشش بالاتر از واحد مشخص شده‌اند. در این میان بخش‌هایی هستند که در یکی از

۱. رابطه (۹) درصد تغییر در تولید بخش انرژی را به‌ازای یک درصد تغییر در ضریب فنی سایر بخش‌های اقتصادی را نشان می‌دهد. در حالی که رابطه (۱۲) بیان می‌کند که به ازای یک درصد تغییر در بردار ضرایب فنی در تمامی بخش‌های اقتصادی به‌طور همزمان، تولید بخش انرژی به‌طور متوسط چند درصد تغییر می‌کند. رابطه (۱۲)، تغییرات ضرایب فنی را بطور همزمان در محاسبات لحاظ می‌کند و متوسط تغییرات را بر میزان تولید بخش انرژی می‌سنجد در حالی که رابطه (۹)، تغییرات ضرایب فنی از مبادله واسطه هر دو بخش اقتصادی حاصل می‌شود را بر تولید بخش انرژی مورد سنجش و محاسبه قرار می‌دهد. به همین علت نتایج حاصل از دو رابطه یکسان نیستند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

رابطه‌ها دارای کشش بیشتر از یک بوده ولی در رابطه دیگر کشش کم‌تر از یک دارند این اختلاف نشان می‌دهد که بخش‌های یادشده به شدت تحت تأثیر ساختار تولیدی در بخش تقاضای نهایی هستند و به‌طور قطع نمی‌توان در خصوص جایگزینی تکنولوژی در این بخش‌ها به‌منظور بهبود مصرف انرژی اظهارنظر نمود. از آنجایی که هدف از این پژوهش بررسی اثر تغییر تکنولوژی بر میزان تولید بخش انرژی است، می‌توان نتیجه گرفت بخش‌هایی که با تغییر تکنولوژی به تأثیر بیشتری در تولید بخش انرژی منجر شده‌اند به‌عنوان بخش‌های کلیدی با تغییر در تکنولوژی و اتخاذ سیاست‌های مناسب در افزایش کارایی انرژی در سطح بخش، می‌توانند تأثیر به‌سزایی در بهبود بخشیدن به میزان تقاضای بخش انرژی داشته باشند. بنابراین بخش‌های شناسایی شده در رابطه (۱۲) باتوجه به آنکه تحت تأثیر ساختار تقاضای نهایی بخش‌ها در مصرف انرژی نیست و صرفاً مبادلات تکنولوژیکی را معیار انرژی‌بری قرار می‌دهد، می‌تواند در امر سیاست‌گذاری نیز تصویر واقع‌بنیانه‌تری به سیاست‌گذاران ارائه دهد.

جدول ۶. مقایسه نتایج جداول (۴) و (۵)

ردیف	بخش‌های اقتصادی	$\bar{\varepsilon}$		$\bar{\varepsilon}^*$	
		$\bar{\varepsilon}>1$	$\bar{\varepsilon}<1$	$\bar{\varepsilon}^*>1$	$\bar{\varepsilon}^*<1$
۱	انرژی ثانویه	*		*	
۲	کشاورزی، شکار و جنگلداری و ماهیگیری		*	*	
۳	استخراج نفت خام و گاز طبیعی		*		*
۴	استخراج معدن		*	*	
۵	ساخت محصولات غذایی، آشامیدنی‌ها، توتون و تنباکو		*		*
۶	صنایع نساجی، پوشاک و چرم		*	*	
۷	ساخت چوب و کاغذ و فرآورده‌های مرتبط با آن		*	*	
۸	ساخت مواد شیمیایی، لاستیکی و پلاستیکی و محصولات مرتبط	*			*
۹	ساخت شیشه و محصولات شیشه ای		*	*	
۱۰	ساخت محصولات کانی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر		*	*	
۱۱	ساخت، تعمیر و نصب فلزات اساسی و سایر صنایع		*		*
۱۲	آب‌رسانی، مدیریت پسماند، فاضلاب و فعالیت‌های تصفیه		*	*	
۱۳	ساختمان		*		*
۱۴	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها		*	*	

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

ردیف	بخش‌های اقتصادی	$\bar{\varepsilon}$		$\bar{\varepsilon}^*$	
		$\bar{\varepsilon}>1$	$\bar{\varepsilon}<1$	$\bar{\varepsilon}^*>1$	$\bar{\varepsilon}^*<1$
۱۵	حمل‌ونقل		*	*	
۱۶	انبارداری و پست		*	*	
۱۷	فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا		*	*	
۱۸	اطلاعات و ارتباطات		*	*	
۱۹	فعالیت‌های مالی و بیمه		*		*
۲۰	خدمات واحدهای مسکونی، غیرمسکونی، املاک و مستغلات		*		*
۲۱	فعالیت‌های اداری و خدمات پشتیبانی، اداره امور عمومی و دفاع		*	*	
۲۲	آموزش		*	*	
۲۳	سلامت و بهداشت		*		*
۲۴	هنر، سرگرمی، تفریح و سایر فعالیت‌های خدماتی		*	*	

منبع: یافته‌های تحقیق

۷- جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی

با توجه به جدول داده-ستانده مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۰، براساس نتایج به‌دست آمده در پژوهش، بخش‌های انرژی ثانویه، حمل‌ونقل، عمده فروشی و خرده فروشی، ساخت محصولات فلزات اساسی و فلزی فابریکی و محصولات کانی غیرفلزی، با توجه به الگوی تقاضا محور لئونتیف دارای بیشترین متوسط کشش نرمال شده تکنولوژیکی تقاضای انرژی هستند. از اینرو نیاز است ۵ بخش یادشده در اولویت سیاست‌گذاری با هدف افزایش کارایی انرژی و بهبود تکنولوژی قرار گیرند. ذکر این نکته ضروری است که همان‌طور که در ابتدای مطالعه نیز اشاره شد، منظور از بهبود تکنولوژی در این مطالعه، باتوجه به محاسبه حساسیت مصرف انرژی بخش‌ها به تغییرات ضرایب فنی و تکنولوژی و محاسبه کشش‌ها در یک مقطع زمانی، به مفهوم جایگزینی تکنولوژی است. لذا سیاست‌گذاری در این مطالعه نیز بر همین مبنا توصیه می‌شود. بر همین اساس، کاهش سهم استفاده از انرژی‌های فسیلی در فرآیند تولید با توجه به توان فنی و اقتصادی کشور در بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری در فناوری انرژی تجدیدپذیر در سه بخش یادشده توصیه می‌شود. در این میان، به‌طور مشخص، استفاده

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

از انواع انرژی تجدیدپذیر، لزوماً نیازمند جایگزینی تکنولوژی در سطح بخش‌های اقتصادی به‌منظور استمرار همان میزان فعالیت و رشد اقتصادی است. همچنین بهبود کارایی فنی خودروهای تولیدی سبک و سنگین یا جایگزینی خودروهای فرسوده با خودروهای با توان فنی و کارایی مصرف سوخت بالاتر (با توجه به محدود بودن واردات خودرو و فقدان رقابت با بازارهای خودروی خارجی) در بخش حمل و نقل می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد.

هرچند این قبیل سیاست‌ها، در سایه عدم توجه به علائم قیمتی درست در بازار انرژی ایران به نتیجه مورد نظر نخواهند رسید. به‌عنوان نمونه، تا زمانی که قیمت حامل‌های انرژی تصحیح نشوند و علائم قیمتی درستی به بازار سایر کالاها و خدمات ندهند، نه تنها جایگزینی تکنولوژی همچنان برای جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر به‌جای فسیلی به صرفه نخواهد بود، بلکه بازار سایر کالاها و خدمات مانند وسایل انرژی‌بر با کارایی بالاتر نیز با قیمت‌های مختل شده همراه خواهند شد و در نهایت فرآیند جایگزینی به‌طور ناقص صورت می‌گیرد.

در این میان، بدلیل فقدان علائم قیمتی نادرست، نرخ‌های بهره بازاری نیز به درستی شکل نخواهند گرفت. به‌عنوان نمونه، بازار سرمایه، به‌عنوان بازاری برای تأمین مالی و ارائه تسهیلات لازم در جهت جایگزینی تکنولوژی در سطح بنگاه‌های اقتصادی و به تبع آن در سطح بخش‌های اقتصادی قادر نخواهد بود نرخ بهره مناسبی را بدلیل نااطمینانی قیمتی تعیین نموده و لذا بازار سرمایه، تسهیلات لازم برای ایجاد شرایط بهبود تکنولوژی تولید با کارایی انرژی بالا را برای بخش‌های اقتصادی فراهم نخواهد آورد.

منابع

بابائی، نیلوفر؛ جلالی‌فر، بهناز (۱۳۹۷). کاربرد الگوی داده-ستانده به‌منظور ارزیابی جایگاه بخش نفت و گاز در اقتصاد ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال چهاردهم، شماره ۵۸، ۱۶۹-۱۹۵.

بانوئی، علی‌اصغر (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظور کردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول متقارن سال ۱۳۸۰، فصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی، سال چهارم، شماره هشتم، ۳۰-۷۳.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

ترازنامه انرژی (۱۳۹۰). دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان آب و برق، وزارت نیرو.

ذاکری، زهرا (۱۳۹۳). ضرورت توجه به محیط زیست در قانون هدفمندی یارانه‌ها: بررسی میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم آلایندگی CO_2، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۳۶۶۳.

رنجبری، فروغ؛ حیدری، ابراهیم ؛ پارسا، حجت (۱۳۹۹). اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شاخص‌های اقتصاد انرژی سبز در ایران (سنجش میزان و کشش انتشار دی‌اکسیدکربن). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال شانزدهم، شماره ۶۴، ۲۱۷-۲۵۱.

جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۹). تحلیل و ارزیابی تعدیل قیمت بنزین و گازوئیل و تأثیر آن بر هزینه زندگی و مصرف در ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۴، ۳۷-۱.

جهانگرد، اسفندیار؛ تجلی، هدیه (۱۳۹۰). تجزیه شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران»، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۱، ۲۵-۵۸.

جهانگرد، اسفندیار (۱۳۹۳). تحلیل‌های داده-ستانده، نشر آماره، چاپ اول، تهران.

شارعی، الهه (۱۳۹۶). سنجش شدت انتشار دی‌اکسیدکربن صنایع انرژی‌بر: رویکرد تقاضامحور لئونتیف و عرضه‌محور گش، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی.

صادقی، نرگس (۱۳۹۵). ماهیت بخش‌های اقتصادی ایران، سنجش مصرف انرژی و انتشار CO_2 در بخش‌های اقتصادی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۵۲۴۴.

عباسی‌نژاد، حسین (۱۳۸۵). تحلیل اثر افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی بر بخش‌های اقتصادی با استفاده از جدول داده-ستانده، مجله پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۳۸، ۱-۲۵

لطفی، شبنم، فریدزاد؛ علی و سالم، علی اصغر (۱۳۹۷). تجزیه شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران: رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال ۲۶، شماره ۸۵، ۱۵۱-۱۸۷.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

محمدی، تیمور؛ خرسندی، مرتضی؛ امیرمعینی، مهران (۱۳۹۳). مدل‌سازی تقاضای برق در بخش صنعت ایران: رویکرد مدل سری زمانی ساختاری، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، دوره ۵، شماره ۱۸، ۸۷-۱۱۷.

نصراللهی، زهرا؛ وصفی‌اسفستانی، شهرام؛ نوری‌زاده، سمیه (۱۳۹۲). ارزیابی زیست‌محیطی فعالیت‌های اقتصادی با استفاده از جدول داده-ستانده، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، سال هشتم، شماره ۲ (پیاپی۲۶)، ۷۵-۸۹.

هوشمند، محمود و همکاران (۱۳۹۱). بررسی تأثیر افزایش قیمت برق و سایر حامل‌های انرژی بر تقاضای برق بخش صنعت در ایران با استفاده از الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر، مجله اقتصاد و توسعه منطقه‌ای، سال نوزدهم، شماره۴، ۲۴-۴۷.

Dwyer, Paul S., Frederick V., Waugh (1953). On Errors in Matrix Inversion, Journal of the American Statistical Association, 48, 289–319.

Evans, W., Duane (1954). the Effect of Structural Matrix Errors on Interindustry Relations Estimates, Econometrica, 22, 461–480.

Guo, J., Zhang, Y-J., & Zhang, K-B. (2018). the Key Sectors for Energy Conservation and Carbon Emissions Reduction in China: Evidence from the Input-Output Method. Journal of Cleaner Production, Vol.179, 180-190.

Hondo, H., Sakai, Sh., & Tanno, Sh. (2002). Sensitivity Analysis of Total CO2 Emission Intensities Estimated Using an Input–Output Table, Applied Energy, Vol.72, 689-704.

Jackson, Randall W. (1991). The Relative Importance of Input Coefficients and Transactions in Input- Output Structure, in John H. Ll. Dewhurst, Geoffrey J. D. Hewings, Rodney C. Jensen (eds.). Regional Input-Output Modelling, New Developments and Interpretations. Aldershot, UK: Avebury, 51–65.

Jilek, Jaroslav (1971). the Selection of the Most Important Coefficient, Economic Bulletin for Europe, 23, 86–105.

Lahr, Michael L., Benjamin H., Stevens (2002). A Study of the Role of Regionalization in the Generation of Aggregation Error in Regional Input-Output Models, Journal of Regional Science, 42, 477–507.

Li, L., Zhang, J., & Tang, L. (2017). Sensitivity Analysis of China's Energy-Related CO2 Emissions Intensity for 2012 Based on Input–Output Model, Procedia Computer Science, Vol. 122, 331-338.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

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

Phoumin, H., & Kimura, S. (2014). Analysis on Price Elasticity of Energy Demand in East Asia: Empirical Evidence and Policy Implications for ASEAN and East Asia, ERIA Discussion Paper series.

Sekulic, M. ijo (1968). Application of Input-Output Models to the Structural Analysis of the Yugoslav Economy, Ekonomska Analiza, 2, 50–61.

Sherman, M., & Morrison,W. (1950). Adjustment of an Inverse MatrixCorresponding to a Change in One Element of a Given Matrix, Annals of Mathematical Statistics, 21, 124-127

Tarancon, M.A., Del Rio, P. (2007). CO2 Emissions and Intersectoral Linkages. The Case of Spain, Energy Policy, 35, 1100–1116.

Tarancon, M., Del Rio, P., & Albinana, F. (2010). Assessing the influence of manufacturing sectors on electricity demand. A cross-country input-output approach, Energy Policy, 38, 1900-1908.

Tarancon, M.A., Del Rio, P. (2012). Assessing Energy-Related CO2 Emissions with Sensitivity Analysis and Input-Output Techniques, Energy, 37, 161-170.

World Development Indicators (WDI). (2020). The World Bank Database Website, Retrived from: https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

Woodbury, Max A. (1950). Inverting Modified Matrices, Memorandum Report, 42 Statistical Research Group, Princeton University, Princeton, NJ.

Yan, J., Zhao, T., & Kang, J. (2016). Sensitivity analysis of technology and supply change for CO2 emission intensity of energy-intensive industries based on input–output model, Applied Energy,171, 456-467.

Yuan, R., & Zhao, T. (2016). a Combined Input–Output and Sensitivity Analysis of CO2 Emissions in the High Energy-Consuming Industries: A Case Study of China, Atmospheric Pollution Research, 7, 315-325.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]

Sensitivity Analysis of Technology Changes for EnergyDemand by Iranian Economic Sectors: an Application of Sherman-Morrisson Method and Input-Output Approach

Ali Faridzad[1]
Associate Professor of Allameh Tabataba'i University, Faculty of Economics, ali.faridzad@atu.ac.ir

Fereidoun Asadi
Scientific Member and Manager of Energy Department, Islamic Parliament Research Center (IPRC), fasadi2007@gmail.com

Maryam Zoghi
Master of Economic Development and Planning, Khatam University maryamzoghi_88@yahoo.com
Received: 2020/03/17 Accepted: 2020/08/20

Abstract

We undertook a sensitivity analysis of the key demand factors leading to changes of energy consumption in the competitive market, using a Leontief demand-driven approach. We applied the Leontief model to previous research results to study the most sensitive factors leading to the change of energy demand in different economic sectors. Based on the 2011 Iranian symmetrical input–output table, the results show that the secondary energy sector, transportation, wholesale and retail, manufacturing of basic metal and fabricated metal products and non-metallic mineral products respectively have the highest direct and indirect average technologically normalized elasticities of energy demand.

Our results indicate that we can reduce energy demand substantially through technological innovations in the above mentioned sectors.

JEL Classification: C67, D57, O39, Q32

Keywords: Energy Demand, Leontief demand-driven approach, Sensitivity Analysis, Input-Output Model

1. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-27]