فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال سیزدهم / شماره‌ی ۵۲/ بهار ۱۳۹۶/ صفحات ۳۴-۱

شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی در اقتصاد ایران

سید محمدعلی کفایی[۱]

عضو هیأت علمی دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی،
m-kafaie@sbu.ac.ir

پریا نژاد آقائیان وش

دانش آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه شهید بهشتی،
vash.nejad2010@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۲

چکیده

انرژی یکی از نهاده‌های مهم تولید است، به‌طوری‌که تولید کالاها و خدمات بدون استفاده از انرژی غیر ممکن می‌باشد. با توجه به این که انرژی نهاده‌ای کمیاب و ارزشمند است، تعیین عوامل موثر بر کارایی مصرف آن از اهمیت فراوانی برخوردار است. به سبب ناهمگنی ماهیت و فن‌آوری تولید بخش‌های اقتصادی، شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی (کشاورزی، صنعت، حمل و نقل و خدمات) در اقتصاد ایران به‌عنوان هدف این پژوهش تعیین شد. بدین منظور، بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی و نیز با استفاده از داده‌های بخشی سال‌های ۹۱-۱۳۷۳، عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی به روش داده‌های تابلویی مورد شناسایی قرار گرفت. یافته‌ها حاکی از آن است که موجودی سرمایه مستقیم خارجی و قیمت نسبی انرژی، تأثیر مثبت و ارزش افزوده و نسبت موجودی سرمایه به نیروی‌کار بخشی، تأثیر منفی بر کارایی انرژی بخشی دارند.

طبقه‌بندی JEL: Q43, E64, C23, F21

کلید واژه‌ها: داده‌های تابلویی، سرمایه مستقیم خارجی، قیمت نسبی انرژی، کارایی انرژی بخشی

---

۱. نویسنده مسئول

۱- مقدمه

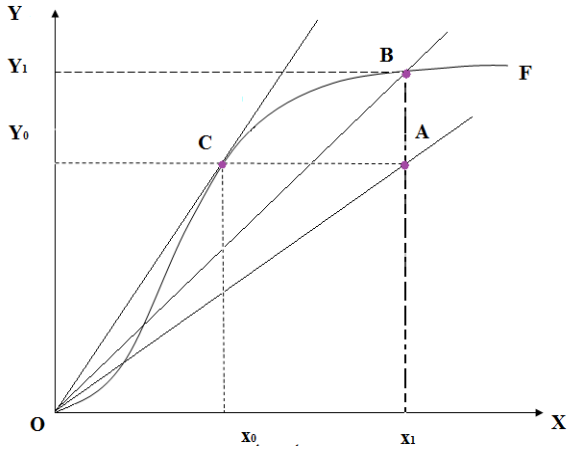
کارایی مصرف انرژی، در تبیین رفتار مصرف بخش‌های مختلف اقتصادی و سیاست‌گذاری‌ها در سطوح مدیریتی، نقش مهمی ایفا می‌کند. کمیابی انرژی، این نهاده را به یکی از مهم‌ترین عوامل تولید تبدیل کرده است. از دیدگاه برخی صاحب نظران، بهبود کارایی، عامل تأمین رشد اقتصادی محسوب می‌شود. به همین جهت سرمایه-گذاری در راستای افزایش کارایی از اهمیت بالایی برخوردار است. به علاوه شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی می‌تواند به سیاست‌گذاری مناسب برای بهبود و رسیدن به رشد اقتصادی و افزایش رفاه جامعه کمک نماید. بر اساس ترازنامه انرژی ۱۳۹۱، افزایش مصرف انرژی در ایران در دهه‌های اخیر با کاهش چشمگیری در سهم صادرات از تولید همراه شده و صادرات انرژی کشور سالانه ۶/۹ درصد کاهش و واردات، سالانه ۹/۴ درصد افزایش یافته است. بدین ترتیب ضرورت اقدام برای بهینه‌سازی تجهیزات تولیدی و افزایش کارایی انرژی آنها بیش از پیش نمایان شده است. بدیهی است اگر اقدام مناسبی برای افزایش کارایی انرژی صورت نگیرد، وابستگی کشور به انرژی وارداتی افزایش می‌یابد. این تحقیق با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۳ صورت گرفته است. منظور از انرژی در این تحقیق کلیه انواع آن یعنی گاز طبیعی، فراورده‌های نفتی (بنزین، نفت‌گاز، نفت سفید، نفت‌کوره، گازمایع) و برق می‌باشد که به دلیل ناهمگنی بر اساس ارزش ریالی معادل بشکه نفت‌خام معادل‌سازی شده است. این معادل‌سازی هم در مورد مقدار انرژی و هم قیمت و ارزش آن انجام گرفته است.

ساختار مقاله حاضر بدین شکل است: ابتدا در بخش ۲ مبانی نظری بررسی می‌شود، سپس در بخش ۳ شواهد تجربی ارائه شده در مطالعات خارجی و داخلی مرور خواهد شد. بخش ۴ به تدوین الگوی مورد نظر و بخش ۵ به برآورد الگو و ارزیابی نتایج اختصاص دارد. بخش۶ شامل جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات می‌باشد.

۲- مبانی نظری

پیش از پرداختن به مبانی نظری مطالعه، به نظر لازم است تا توضیح مختصری درباره سه مفهوم پایه‌ای و به هم مرتبط شدت انرژی، کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی ارائه شود که از بروز ابهام جلوگیری نماید.

برای تعریف کارایی، یک فرآیند ساده (با یک عامل تولید (X) و یک محصول تولیدی (Y)) را در نظر می‌گیریم. این تابع حداکثر مقدار تولید قابل حصول با به کارگیری یک مقدار مشخص از عامل تولید با توجه به سطح تکنولوژی موجود را نشان می‌دهد. بنگاه‌هایی که بر روی این تابع (موسوم به تولید مرزی[1]) قرار دارند، کارا خواهند بود. در واقع این بنگاه‌ها با استفاده از نهاده‌های موجود، بیش‌ترین محصول را تولید کرده‌اند ولی بنگاه‌هایی که در زیر این تابع قرار دارند، با عدم کارایی مواجه هستند. نقطه A در نمودار ۱ نشان‌دهنده نقطه‌ای غیرکاراست چون با تکنولوژی موجود، می‌تواند تولید خود را بدون نیاز به افزایش نهاده تولید، تا سطح B افزایش دهد و یا سطح محصول موجود تولید خود را با عامل تولید کمتری حفظ کند (نقطه C). B و C نقاط کارا را نشان می‌دهند.



نمودار ۱-تابع تولید مرزی، کارایی و بهره‌وری

1. Frontier

اصطلاح بهره‌وری و کارایی به یک مفهوم نیستند. برای توضیح تفاوت بین کارایی و بهره‌وری از نمودار ۱ استفاده می‌کنیم. در این نمودار، برای اندازه‌گیری بهره‌وری در هر نقطه، خطی از مبدأ مختصات به آن نقطه رسم می‌کنند و شیب خط معیاری برای اندازه‌گیری بهره‌وری می‌باشد.

اگر بنگاهی که در نقطه A فعالیت می‌کند به نقطه کارای B انتقال یابد، شیب خط مورد نظر افزایش می‌یابد و بهره‌وری بالاتر در نقطه B را نشان می‌دهد. هم‌چنین با حرکت به نقطه C (نقطه مماس) شیب خط مماس بر منحنی افزایش بیشتری خواهد یافت و در نقطه C به حداکثر خواهد رسید که حداکثر بهره‌وری ممکن خواهد بود. نقطه C مثالی از صرفه‌جویی ناشی از مقیاس اقتصادی بنگاه و مقیاس بهینه فنی آن بنگاه است. فعالیت روی هر نقطه دیگر بر روی تابع تولید مرزی باعث کاهش بهره‌وری خواهد شد. در نتیجه بنگاهی ممکن است به لحاظ فنی کارا باشد (نقطه B)، ولی ممکن است بتواند با استفاده از صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس، بهره‌وری خود را بهبود دهد (نقطه C). با توجه به این مسأله که تغییر مقیاس تولید به طور معمول در بلندمدت امکان دارد، بنابراین کارایی فنی و بهره‌وری در قالب کوتاه‌مدت و بلندمدت بحث می‌شود. (امامی میبدی، ۱۳۹۰) برای ساختن معیار شدت انرژی به طور معمول از شاخصی استفاده می‌شود که مبین اهمیت انرژی در تولید کالاها و خدمات و به بیان دیگر در ایجاد رشد اقتصادی است. این معیار به صورت نسبت مقدار انرژی مصرف شده در تولید به مقدار محصول تولید شده در فعالیت‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدیهی است معیار شدت انرژی به طرق مختلف می‌تواند محاسبه و براورد شود، به طوری که دامنه‌ای وسیع از نسبت مصرف انرژی اولیه تا مصرف انرژی نهایی مورد استفاده در فعالیت اقتصادی را در بر می‌گیرد. هم‌چنین این شاخص برای تمام فعالیت‌های اقتصادی یا برای یک یا چند فعالیت خاص در یک کشور قابل تعریف است. که در مورد اول از ارزش تولید ناخالص داخلی واقعی به‌عنوان مقدار تولید استفاده می‌شود. یاداوری می‌شود هر چه مقدار این شاخص افزایش یابد بیانگر آن است که برای تولید هر واحد محصول مقدار بیش‌تری انرژی به کار رفته است. (باتاچاریا[1]،۲۰۱۱)

1. Bhattacharyya

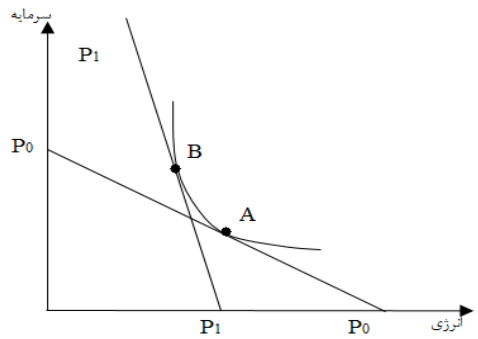
بنابراین می‌توان چنین نیز بیان کرد که شاخص شدت انرژی در اینجا، معکوس شاخص کارایی جزئی انرژی (نسبت تولید به ازای مصرف یک واحد انرژی) است.

حداکثر ظرفیت بهره‌مندی ممکن از هر واحد انرژی مصرف شده را کارایی انرژی می‌دانند. در واقع افزایش کارایی انرژی را می‌توان منتج از فرآیند فناورانه دانست که به تجهیزات مصرف‌کننده انرژی و سرعت جانشینی تجهیزات موجود با تجهیزات انرژی‌اندوز بستگی دارد. به طور معمول، رشد کارایی انرژی با به‌کارگیری روش‌های کاراتر مصرف انرژی و به دنبال توسعه فنی رخ داده و به قیمت انرژی هم وابسته است. تقاضای انرژی، یک تقاضای مشتق از مصرف دیگر کالاهاست. مصرف انرژی در ترکیب با سرمایه و برای خدمات حاصل از آن اهمیت پیدا می‌کند. بنابراین مصرف انرژی وابسته به کارایی انرژی و نرخ بهره‌گیری از انباره تجهیزات است؛

$$E = \frac{u}{\varepsilon} K \qquad (۱)$$

که E مصرف انرژی، u ظرفیت استفاده از سرمایه، ε کارایی انرژی تجهیزات سرمایه‌ای۱ و K انباره سرمایه است. با توجه به رابطه ۱، بهبود کارایی انرژی یکی از ساز و کارهای اصلی کاهش مصرف انرژی است. نحوه تأثیر بهبود کارایی انرژی را می‌توان در نمودار ۲ و با حرکت از نقطه A به نقطه B نشان داد. اگر دو نهاده انرژی و سرمایه برای تولید موجود باشد، بهبود کارایی انرژی منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود و می‌توان به همان سطح قبلی تولید دست یافت. اگر قیمت انرژی افزایش پیدا کند، تولیدکنندگان به سمت استفاده بیشتر از کالاهای سرمایه‌ای (به طور نسبی ارزان‌تر) و به احتمال زیاد انرژی‌اندوز روی خواهند آورد، حتی اگر سطح تولید تغییر نکند. در نتیجه کارایی مصرف انرژی در سطح تولید بنگاه افزایش می‌یابد. هم‌چنین تجهیزات پیشرفته‌تر و انرژی‌اندوزتر گرچه ممکن است از تجهیزات قدیمی گران‌تر باشند، اما استفاده از آنها به سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارزشمند، مقرون به صرفه است. بنابراین افزایش کارایی انرژی اغلب با استفاده بهتر از سرمایه (یا استفاده از تجهیزات با فناوری بالاتر) و افزایش قیمت‌های نسبی انرژی همراه خواهد بود.

1. The energy efficiency of capital

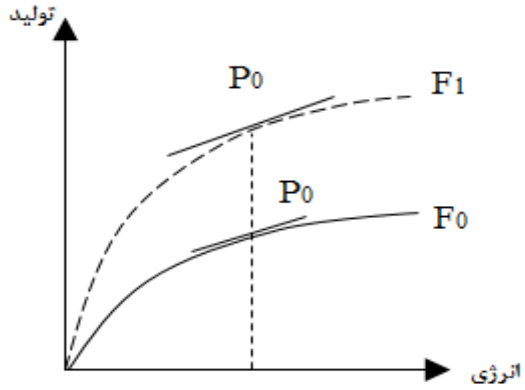


نمودار۲- بهبود کارایی انرژی

تأثیر کارایی انرژی را به شکلی دیگر نیز می‌توان نشان داد. با تعریف تابع تولید به شکل زیر:

$$Y = f(E, R) \qquad (۲)$$

که در آن Y تولید، E انرژی و R نشان‌دهنده فرض ثابت بودن دیگر عوامل تولید است، افزایش کارایی انرژی می‌تواند به سطح بالاتر تولید (نسبت به قبل) با همان اندازه مصرف انرژی منجر شود. در نمودار ۳ ابداع و فناوری‌های جدید موجب انتقال منحنی تولید از F_0 به F_1 می‌شود و افزایش کارایی انرژی می‌تواند در تابع تولید جدید F_1 منعکس شده و در همان سطح مصرف انرژی قبلی، محصول بیشتری تولید نماید. (هوگان و مان[1] ۱۹۷۷)



نمودار ۳- افزایش کارایی انرژی با ابداع و فناوری‌های جدید

1. Hogan & Manne

هدف بنگاه‌ها به طور کلی حداکثر کردن سود یا حداقل نمودن هزینه برای حجم مشخصی تولید است. در راستای این هدف، بنگاه به خریداری نهاده‌های تولید (از جمله انرژی) پرداخته، بنابراین تقاضای بنگاه برای انرژی می‌تواند به صورت تابعی از تولید، قیمت انرژی و قیمت سایر نهاده‌ها نشان داده شود. بنگاهی را در نظر می‌گیریم که هزینه‌های C را برای دستیابی به‌اندازه مشخص $\overline{Q}$، کمینه می‌کند. با توجه به اینکه تولید تابعی از سرمایه (K)، نیروی‌کار (L)، انرژی (E) و مواد اولیه (M) در نظر گرفته شده، بنابراین:

$$Q = f(K, L, E, M) \qquad (۳)$$

و برای هزینه‌ها داریم:

$$C = rK + wL + p_E E + p_M M \qquad (۴)$$

که r اجاره سرمایه، w دستمزد نیروی‌کار، p_E قیمت انرژی و p_M قیمت مواد اولیه است. مسئله بنگاه به شکل زیر در خواهد آمد:

$$\min_{K, L, M, U, \varepsilon} C \qquad (۵)$$

و :

$$\overline{Q} = f(K, L, E, M) \qquad (۶)$$

$$C = rK + wL + p_E E + p_M M \qquad (۷)$$

$$E = \frac{u}{\varepsilon} K \qquad (۸)$$

معادله کلی مسئله بنگاه به شکل زیر خواهد بود:

$$\min_{K, L, M, U, \varepsilon} \left(r + p_E \frac{u}{\varepsilon}\right) K + wL + p_M M + \phi\varepsilon + \lambda[\overline{Q} - f\left(K, L, \frac{u}{\varepsilon} K, M\right)] \qquad (۹)$$

که □ هزینه بهبود کارایی است. راه‌حل شرط مرتبه نخست نشان می‌دهد که بنگاه نهاده‌های K، L و M و نرخ بهره‌گیری از سرمایه[1] (ε) را طوری به‌کار می‌گیرد که ارزش نهایی تولید یکسان شود. تابع تقاضای انرژی بنگاه را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$E^* = E(\overline{Q}, r, w, p_E, p_M) \qquad (۱۰)$$

بنابراین بنگاه به قیمت نهاده‌ها در زمان انتخاب میزان انرژی مصرفی، توجه می‌کند. هم‌چنین می‌دانیم که کل هزینه سرمایه دربرگیرنده هزینه انرژی $p_E \frac{u}{\varepsilon}$ نیز می‌شود. این

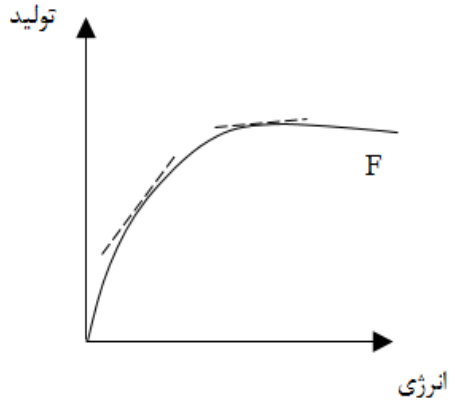
1. Rate of utilization of capital

مسئله زمانی مورد توجه واقع می‌شود که تغییرات در متغیرهایی مانند قیمت انرژی را در نظر می‌گیریم. چون سرمایه و فناوری ثابت هستند، بنگاه در کوتاه‌مدت تنها می‌تواند نرخ بهره‌گیری از سرمایه نصب شده را تعدیل کند. به همین جهت تقاضای کوتاه‌مدت انرژی برای بنگاه به شکل زیر درمی‌آید:

$$E = E(\overline{Q}, w, p_E, p_M, \overline{K}, \overline{\varepsilon}) \qquad (۱۱)$$

این تابع با توجه به سطح مشخصی از کارایی انرژی و سرمایه است. در بلندمدت، بنگاه می‌تواند سرمایه و فناوری را تعدیل کند. بنابراین در کوتاه‌مدت واکنش کامل به تغییرات قیمت انرژی شاید به شکل کاهش در نرخ بهره‌گیری از سرمایه به تغییرات سرمایه برای دستیابی به سطوح کارایی بالاتر در بلندمدت انتقال یابد. (مدلاک[1]، ۲۰۱۱)

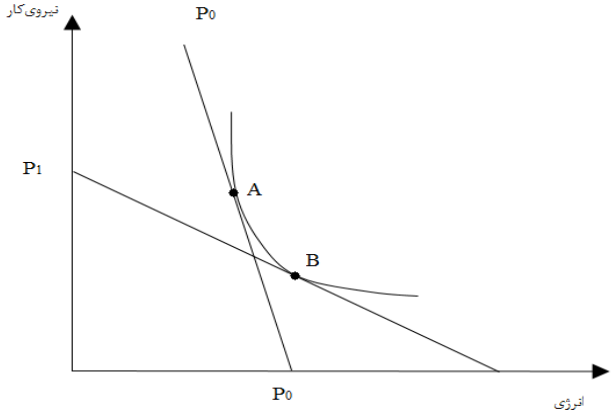
تغییرات قیمت انرژی را می‌توان متناظر با حرکت بر روی منحنی تولید دانست. شیب خط مماس بر منحنی، میزان افزایش محصول را که می‌توان با استفاده از به‌کارگیری یک واحد بیشتر نهاده انرژی (تولید نهایی انرژی) به‌دست آورد، نشان می‌دهد. در واقع تولید نهایی انرژی با قیمت نسبی انرژی برابر است. حرکت به سمت چپ بر روی منحنی نشان دهنده افزایش قیمت انرژی، کاهش نهاده انرژی و کاهش نسبت انرژی به تولید است. به تعبیری دیگر، افزایش قیمت انرژی بهره‌وری انرژی را افزایش می‌دهد. (ساندرز، ۲۰۱۱)



نمودار ۴- قیمت نسبی انرژی

1. Medlok

برای تشریح بیشتر، بنگاهی را در نظر می‌گیریم که با دو نهاده، یک محصول را تولید می‌کند. برای شرط نخست بهینه‌یابی جهت حداقل کردن هزینه‌های تولید در هر اندازه محصول، بنگاه باید در نقطه‌ای تولید کند که نرخ نهایی فنی جانشینی برابر با قیمت‌های نسبی نهاده‌ها باشد. به این معنی که تولید نهایی نسبی برابر قیمت نسبی نهاده‌ها شود. اگر تغییری در قیمت‌های نسبی ایجاد شود، به دلیل اینکه دیگر تساوی میان تولید نهایی و قیمت نسبی نهاده‌ها برقرار نمی‌شود، بنگاه اقدام به استفاده بیشتر از نهاده‌ای می‌کند که قیمت نسبی پایین‌تر و تولید نهایی بیشتری دارد. به این ترتیب در نمودار۵ اگر قیمت‌های نسبی به‌گونه‌ای تغییر کند که انرژی از نهاده دیگر ارزان‌تر شود، نقطه تعادل بنگاه از A به B منتقل شده و تقاضای انرژی افزایش و تقاضای نیروی کار کاهش می‌یابد، زیرا بنگاه در نقطه B همان اندازه تولید را با جایگزینی انرژی به جای نیروی‌کار (که نسبتا گران‌تر شده است)، انجام می‌دهد.

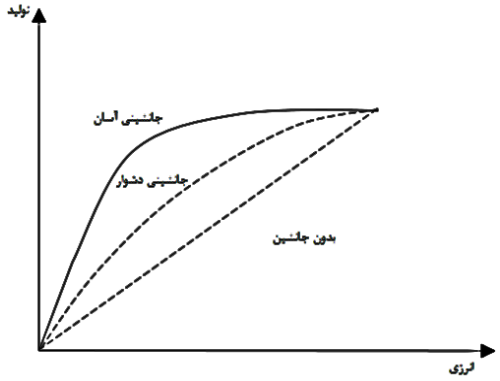


نمودار۵- تغییر قیمت نسبی انرژی

اگر تعداد نهاده‌ها بیشتر از یک و میزان نهاده نیروی‌کار ثابت باشد، با هر واحد افزایش در نهاده انرژی (تا زمانی که دو نهاده قابل جانشینی باشند)، تولید نهایی انرژی کاهش یافته و بر تولید نهایی نیروی کار افزوده می‌شود. بنابراین سهم نهاده‌ها و تولید نهایی آن‌ها رابطه معکوس داشته و به‌عنوان قانون بازده نهایی نزولی شناخته می‌شود. تا زمانی که قیمت‌های نسبی ثابت بمانند، تولید نسبی عوامل تولید و سهم آنها در یک

بازار رقابتی به یک اندازه باقی خواهد ماند. اگر بهره‌وری یکی ازعوامل تولید بیشتر از دیگری شود، اما قیمت آن ثابت بماند، خرید بیشتر از آن نفع بیشتری خواهد داشت که البته خرید بیشتر باعث کاهش بهره‌وری نهایی آن تا زمانی خواهد شد که نسبت به قیمت خود دارای منافع یکسانی باشد. بنابراین نسبت تولید نهایی به قیمت‌های نسبی حساس خواهد بود. به عبارت دیگر، در تعادل اقتصادی، نهاده‌ها تا زمانی استفاده می‌شوند که ارزش نهایی تولید آنها برابر با قیمت نسبی آنها شود. قیمت انرژی تأثیر معنی‌دار منفی بر تقاضای انرژی و عملکرد اقتصاد کلان دارد. افزایش قیمت انرژی، رشد تولید و تقاضای انرژی را کاهش می‌دهد، اما کاهش قیمت یک اثر برابر و هم اندازه در جهت مخالف آن را ندارد (تأثیر نامتقارن) و علت آن به کارایی مصرف انرژی تجهیزات سرمایه‌ای مرتبط است. هنگامی که قیمت انرژی افزایش می‌یابد، دارندگان سرمایه‌های انرژی‌بر، برای افزایش کارایی انرژی، انگیزه‌ای بیشتری می‌یابند و این کار می‌تواند با ارتقاء سرمایه‌های موجود یا جایگزینی آنها صورت گیرد، در هر صورت این اقدامات نیازمند سرمایه‌گذاری است. در کوتاه‌مدت هنگامی که قیمت انرژی افزایش می‌یابد، هزینه‌های استفاده از سرمایه نیز افزایش می‌یابد، زیرا سرمایه و فناوری ثابت هستند. بنابراین مصرف‌کننده انرژی، با کاهش مصرف انرژی (تا جای ممکن)، تولید خود را بهینه می‌کند. به خاطر اینکه سرمایه و تکنولوژی در کوتاه‌مدت ثابت هستند، کاهش مصرف انرژی با کاهش نرخ استفاده از سرمایه، امکان‌پذیر شده و در نتیجه کاهش فعالیت اقتصادی را به‌دنبال خواهد داشت. در بلندمدت با وجود امکان تغییر سرمایه و فناوری، هنوز هم کاهش تقاضای انرژی اتفاق می‌افتد اما با تغییر فناوری و سرمایه، سرمایه قدیمی با سرمایه جدید و فناوری‌های انرژی‌اندوز جایگزین می‌شود. در بازارهای رقابتی، قیمت‌های نسبی انرژی، سرمایه و نیروی‌کار، تعیین کننده فناوری انتخابی هستند. قیمت‌های بیشتر انرژی، فناوری‌های انرژی‌اندوز با سهم بالای سرمایه و نیروی کار را تحمیل می‌کنند و در مقابل قیمت‌های پایین انرژی، استفاده از فناوری با سهم بیشتر نهاده انرژی و سهم کمتر سرمایه و نیروی کار را به‌دنبال خواهد داشت. با این وجود تغییرات واقعی بستگی به جانشینی انرژی با دیگر نهاده‌های تولیدی و سهم مطلق آن در تولید دارد. در نمودار ۶ منحنی تولید در شرایط مختلف جانشینی ارائه شده

است. منحنی بالاتر رابطه انرژی با تولید را در وضعیت جانشینی آسان نهاده‌های تولید نشان می‌دهد که تولیدکنندگان می‌توانند سریعا با گزینش ترکیبی از فناوری‌های موجود، نهاده‌های دیگر را به جای انرژی جایگزین کنند. هم‌چنین این منحنی نشان‌دهنده این است که اگر جانشینی میان نهاده‌ها از نظر اقتصادی آسان باشد، کاهش در تولید به دلیل کاهش مصرف انرژی، به نسبت کمتر خواهد بود. به عبارت دیگر، اگر جانشینی دشوارتر باشد، کاهش مشخصی در نهاده انرژی، اثرات منفی بزرگتری بر تولید خواهد داشت. به علاوه، تغییر قیمت انرژی نیز باید بیشتر باشد. منحنی سوم حالتی را نشان می‌دهد که جانشینی نهاده‌های تولید امکان‌پذیر نیست و یک رابطه یک به یک بین انرژی و تولید وجود دارد. این وضعیت به تابع تولید لئونتیف مشهور است (ساندرز[1]،۲۰۱۱). در حقیقت هنگامی که جانشینی نهاده‌ها آسان است، به تغییرات قیمت کمتری برای متأثر کردن مصرف انرژی نیاز است و کاهش مصرف انرژی اثرات منفی کمتری نیز بر تولید خواهد داشت. هم‌چنین در این وضعیت افزایش مشخصی در قیمت انرژی به کاهش بیشتری در تولید منجر می‌شود. اما اگر جانشینی نهاده‌های دیگر به جای انرژی آسان باشد، رشد کمتری در قیمت انرژی برای دستیابی به‌اندازه کاهش مشخصی از مصرف انرژی لازم خواهد بود.



نمودار ۶- میزان جانشینی نهاده‌ها

1. Saunders

از سوی دیگر، سرمایه‌گذاری‌هایی که کارایی بیشتر انرژی را به همراه دارند، آثار آتی قیمت انرژی را کاهش می‌دهند زیرا افزایش کارایی، هزینه استفاده از سرمایه را کاهش می‌دهد. (مدلاک،۲۰۱۱)

اگر قیمت انرژی پایین باشد، سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی مقرون به صرفه نخواهد بود. اغلب این رخداد به دلیل اعطای یارانه‌هایی است که قیمت‌ها را به شکل مصنوعی پایین نگاه می‌دارند. این وضعیت باعث می‌شود که مصرف‌کنندگان انرژی در تصمیمات خود قیمت‌های حقیقی را منظور نکنند. قیمت‌های واقعی لازمه قبول گزینش‌های کارگزاران است.

۳- مروری بر مطالعات انجام شده

در مطالعات داخلی بیشتر به بهره‌وری انرژی و شدت انرژی، توجه شده و موضوع کارایی انرژی کمتر مورد بررسی قرار گرفته، ولی سابقه مطالعه و برآورد کارایی انرژی در سایر کشورها طولانی و شواهد تجربی آن بیشتر مورد آزمون قرار گرفته‌است.

مطالعات خارجی

بیرول و کپلر[1] (۲۰۰۰)، به این نتیجه رسیدند که تغییرات قیمتی به تنهایی نمی‌تواند باعث کاهش مصرف انرژی شوند و توسعه تکنولوژی نیز تعیین کننده است. تغییر در قیمت و تکنولوژی، بر روی کارایی انرژی و بر کل اقتصاد از طریق جانشینی عوامل تولید، مؤثر خواهد بود. هم‌چنین تغییر قیمت‌های نسبی انرژی و توسعه تکنولوژی تأثیر هم جهتی دارند. میلنیک و گلدمبرگ[2] (۲۰۰۲) با بررسی اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی در ۲۰ کشور در حال توسعه نشان دادند زمانی که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی افزایش می‌یابد، شدت انرژی کم می‌شود و علت این امر را ورود تکنولوژی جدید به وسیله سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشور بیان می‌کنند. شی و پولنسکی[3] (۲۰۰۵) به مطالعه چین طی

1. Fatih Birol and Jan Horst Keppler
2. Otavio Mielnika and Jose Goldembergb
3. Shi, x. ,& Polenske, K. R.

سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۸۰ پرداختند و دریافتند که رابطه‌ای منفی بین قیمت انرژی و شدت انرژی وجود دارد. آنان هم‌چنین نشان دادند که کشش قیمتی برای کل اقتصاد، در کوتاه‌مدت صفر و در بلندمدت کوچکتر از یک است، به علاوه بخش صنعت نسبت به کل اقتصاد از حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات قیمت انرژی‌برخوردار است. با این حال بیان می‌کنند که قیمت انرژی باعث بهبود بهره‌وری انرژی و دگرگونی فناورانه در مصرف انرژی می‌شود. فیشر وندن[1] و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی توسعه تکنولوژی و بهره‌وری انرژی در چین بین سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۷ با استفاده از روش داده‌های تابلویی پرداخته و نشان دادند که افزایش قیمت نسبی حامل‌های انرژی، مخارج تحقیق و توسعه ، تغییر ساختار صنایع و اصلاح ساختار مالکیت از علل بهبود بهره‌وری انرژی است. موخرجی[2] (۲۰۰۸) به مطالعه و مقایسه کارایی مصرف انرژی در بخش‌های تولیدی هند با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و تابع تولید با مدل‌های مختلف پرداخته است. مطالعه وی نشان می‌دهد که بنگاه‌ها در هنگام مواجهه با شوک انرژی، به‌سختی و کندی می‌توانند سهم نهاده‌ها را تغییر دهند، اما در طول زمان امکان واکنش به تغییر قیمت انرژی را خواهند داشت. هم‌چنین بهبود فناوری را به‌عنوان عاملی مؤثر بر کارایی انرژی عنوان نمود.

ونگ[3] (۲۰۱۱) به بررسی منابع رشد کارایی در کشور چین پرداخته و نشان می‌دهد که دگرگونی در نسبت سرمایه به انرژی، فناوری و هم‌چنین ساختارهای تولید، از عوامل توضیح دهنده رشد کارایی انرژی در چین هستند و افزایش در نسبت سرمایه به انرژی به دلیل افزایش انباشت سرمایه، عامل پیش‌برنده‌ای در رشد کارایی انرژی شناخته می‌شود. اشترن[4] (۲۰۱۲)، با برآورد کارایی انرژی در ۸۵ کشور بین سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۷۱ به روش داده‌های تابلویی و برآوردکننده‌های میان گروهی و درون گروهی، رابطه مثبت بین درجه باز بودن تجاری و شدت انرژی را نشان می‌دهد که ناشی از فعالیت بیشتر در صنایع انرژی‌بر است. موریکاوا[5] (۲۰۱۲) تأثیر تراکم شهرنشینی بر کارایی مصرف انرژی

1. Fisher-Vanden
2. Kankana Mukherjee
3. Chunhua Wang
4. David i. Stern
5. Morikawa, M.

در بخش خدمات ژاپن را مورد بررسی قرار داده و نشان می‌دهد که کارایی مصرف انرژی در بنگاه‌های خدماتی در شهرهایی با تراکم بالای جمعیتی بیشتر از شهرهای با تراکم پایین‌تر جمعیت است. آن‌گاه با بررسی تفاوت صنایع نشان می‌دهد که با دو برابر شدن تراکم جمعیت در یک منطقه شهری، کارایی انرژی تقریبا ۱۲ درصد افزایش می‌یابد لذا تغییر ساختار اقتصادی به سمت اقتصاد خدمت محور، مقررات زدایی، کاهش محدودیت‌های تراکم شهری و سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌های مراکز شهری را در نهایت موجب رشد اقتصادی سازگار با محیط زیست می‌داند. الیوت و همکاران[1] (۲۰۱۳) به بررسی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و شدت انرژی بین سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۵ در ۲۰۶ شهر و ۱۹ استان چین پرداختند. ایشان رابطه‌ای U شکل معکوس بین شدت انرژی و درآمد سرانه و رابطه‌ای منفی بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و شدت انرژی به‌دست آوردند. مولدر و همکاران[2] (۲۰۱۳)، شدت انرژی در بخش خدمات را در دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۰ بین کشورهای OECD با استفاده از داده‌های تابلویی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث افزایش بهره‌وری انرژی می‌شود، فعالین اقتصادی واکنش اندکی به قیمت انرژی نشان می‌دهند و این ممکن است به دلیل هزینه‌های پایین انرژی در بخش خدمات و نبود انگیزه سرمایه‌گذاری در صرفه‌جویی انرژی باشد. آدتوتو[3] (۲۰۱۴)، با بررسی کارایی انرژی و جانشینی سرمایه و انرژی در دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۲ در کشورهای صادرکننده نفت اوپک (شامل ایران، عربستان، ونزوئلا و الجزایر) با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ ضمن نشان دادن نزولی بودن کارایی انرژی، مکمل بودن دو نهاده انرژی و سرمایه را تأیید کرد. وی نزولی بودن کارایی را ناشی از پرداخت یارانه و قیمت‌های نسبی پایین انرژی می‌داند، که انگیزه کارگزاران را برای بهره‌مندی از فناوری‌های انرژی‌اندوز از بین می‌برد.

1. Elliott, Sun & Chen
2. Mulder, de Groot & Pfeiffer
3. Morakinyo O. Adetutu

مطالعات داخلی

همان‌طوری که بیان شد، مطالعات انجام شده در ایـران بـر موضـوع شـدت انـرژی و بهره‌وری متمرکز بوده و به کارایی مصرف انرژی توجه کمتری شده اسـت. بـا توجـه بـه رابطه شدت انرژی، بهره‌وری انرژی و کارایی، برخی مطالعـات تجربـی در زمینـه شـدت انرژی و بهره‌وری انرژی نیز در زیر ارائه می‌شود:

عباسی نژاد و وافی نجار (۱۳۸۳)، با استفاده از روش حـداقل مربعـات دو مرحلـه‌ای[1] نشان دادند که طی سال‌های ۷۹-۱۳۵۰ روند کلی شاخص شدت مصرف انـرژی در سـه بخش (صنعت، کشاورزی و حمل ونقل) صعودی و لذا کارایی انرژی کاهش یافتـه اسـت. هم‌چنین کشش تولید نقطه‌ای انرژی بخشی (درصد تغییر در رشد سالانه مصرف انـرژی بخشی به ازای یک درصد تغییر در ارزش افزوده بخش) برای اکثر سال‌ها، بزرگتر از یـک بوده که حاکی از نزولی بودن بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف انرژی طی سـه دهـه مورد بررسی است. امینی و همکاران (۱۳۸۳)، عوامل مؤثر بر بهره‌وری کل عوامل تولید[2] را با تأکید بر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران و ۲۳ کشور منتخب دیگر در دوره ۲۰۰۶-۱۹۹۶ بررسی کردند. بهره‌وری کل عوامل به روش دیویژیا، اندازه‌گیری و عوامـل مؤثر بر آن از طریق داده‌های تابلویی شناسایی شد، نتیجه آن که در بـین متغیرهـای در نظر گرفته شده، نرخ بهره‌برداری از ظرفیـت، بـالاترین تـأثیر و انباشـت سـرمایه‌گـذاری مستقیم خارجی، کمترین تأثیر را در ارتقاء بهره‌وری کـل عوامـل داشـته‌انـد. حیـدری و صادقی (۱۳۸۳)، به تخمین کارایی انرژی در بخش صنعت ایران طی سـال‌هـای ۱۳۷۸-۱۳۵۸ در قالب تابع تقاضای تعدیل جزئی پرداخته و نتیجه گرفتنـد کـه ضـریب بـرآورد شده نرخ تعدیل پویا یا نرخ تصحیح خطا در تقاضای نهایی فرآورده‌های نفتی، بیشـترین مقدار و در مورد برق کمترین مقدار را داشته است. سه حامل انرژی بـرق، گـازطبیعی و فرآورده‌های نفتی در اکثر موارد دارای کشش قیمتی پایین هستند. ضریب سـرمایه‌بـری دو حامل برق و فرآورده‌های نفتی بر کارایی اثر مثبت و بر کارایی مصرف گازطبیعی اثـر منفی را نشان می‌دهد. مهرآرا و محسنی (۱۳۸۳)، آثار تجارت خارجی بر سطح بهره‌وری و رشد بهره‌وری را با اسـتفاده از داده‌هـای تـابلویی طـی دوره ۱۳۷۹-۱۳۶۰ در اقتصـاد

1. TSLS
2. Total Factor Productivity (TFP)

ایران با استفاده از تابع رگرسیون تولید فدر و وارد کردن متغیرهای تجاری (سهم صادرات، واردات و نهاده‌های واسطه‌ای وارداتی در ستاده بخشی) به روش GMM برآورد و نتیجه گرفتندکه صادرات اثر زیاد و معنی‌داری بر سطح بهره‌وری دارد ولی واردات بی‌تأثیر است، البته اثر صادرات بر نرخ رشد بهره‌وری، معنی‌دار نیست. اینان بی‌تأثیری واردات را دلیل آن دانستند که فشارهای رقابتی بر صنایع داخلی از طریق واردات، آثار مورد انتظار را بر سطح و رشد بهره‌وری نداشته و از میان متغیرهای تجارت، تنها آثار نهاده‌های وارداتی بر رشد بهره‌وری اهمیت دارد.

باستانزاد و نیلی (۱۳۸۳)، اهداف سیاستی قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران را طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۴۶ مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که روند قیمت‌های نسبی حامل‌های انرژی (نسبت به شاخص بهای عوامل تولید) در اقتصاد ایران با بسیاری از کشورهای صنعتی و حتی صادرکننده انرژی همسویی ندارد، بلکه ناشی از اعمال قیمت‌های حمایتی دولت در بازار حامل‌های انرژی بوده که باعث جانشینی حامل‌های انرژی به جای سایر نهاده‌های اولیه تولید (کار و سرمایه) شده است. هم‌چنین با آزمون‌های آماری و بر اساس مشاهدات تجربی دریافتند که اعمال قیمت‌های حمایتی همراه با پرداخت یارانه برای حامل‌های انرژی نتوانسته هدف تقویت روند رشد اقتصادی (از جمله افزایش اشتغال و کنترل سطح عمومی قیمت‌ها) را محقق نماید. امینی و یزدی‌پور (۱۳۸۴) به بررسی مهمترین عوامل کمی مؤثر بر بهره‌وری انرژی در کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران طی دوره ۱۳۸۱-۱۳۷۳ پرداخته و مدل‌ها را به روش ادغام داده‌های مقطعی و سری زمانی در سطح کد دو رقمی ISIC برآورد و نتیجه گرفتند که در بین عوامل مورد بررسی، متوسط سرمایه به ازای هر واحد انرژی مصرفی و هزینه واقعی استفاده از سرمایه، بیشترین تأثیر را بر بهره‌وری انرژی داشته‌اند. متوسط نیروی کار به ازای هر واحد انرژی مصرفی، هزینه‌های واقعی استفاده از نیروی کار و سهم برق از انرژی مصرفی به ترتیب در درجه اهمیت بعدی (به‌عنوان مهمترین عوامل مؤثر بر بهره‌وری انرژی) شناخته شده‌اند. نسبت شاغلین با مدرک تحصیلی مهندسی به کل شاغلان تولیدی به‌عنوان متغیر جانشین فناوری، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری انرژی داشته و قیمت‌های نسبی حامل‌های انرژی در دوره مورد بررسی نیز تأثیر معنی‌داری بر بهره‌وری انرژی در کارگاه‌های بزرگ صنعتی نداشته است. سیف (۱۳۸۸)،

ضمن بیان عوامل اثرگذار بر شدت انرژی کشورهای جهان با تخمین تابع چند متغیره به روش حداقل مربعات معمولی، به تجزیه این عوامل برای کشورها نیز پرداخت. نتـایج وی نشان داد که افزایش سهم ارزش افزوده بخش خدمات (از تولید ناخالص داخلی اقتصـاد) به‌عنوان نماینده تغییرات ساختاری، تأثیری معنی‌دار و قابـل تـوجهی بـر کـاهش شـدت انرژی داشته است. مساحت کشورها نیز مطابق انتظارات نظری، اثر مستقیم و معنی‌داری بر شدت انرژی داشته و از نظر اندازه در حدود یک چهارم سهم خدمات بوده است. برآورد کشش‌ها نیز نشان داد که یک درصد افزایش در سـهم بخـش خـدمات، موجـب کـاهش حدود نیم درصدی در شدت انرژی خواهد شد. همچنین کشش متغیر مساحت کشور نیز به طرز معنی‌داری مطابق انتظار نظـری اسـت، بـه طـوری کـه افـزایش یـک درصـد در مساحت، موجب افزایش حدود هشت صدم درصد در شدت انرژی خواهد شد. ابریشمی و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از روش هم انباشتگی نامتقارن، رابطـه قیمـت و بهـره‌وری انرژی در ایران را بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۵۰ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند کـه بهره‌وری انرژی در ایران رفتاری نامتقارن نسبت بـه تغییـرات قیمـت انـرژی در اقتصـاد نشان می‌دهد. هم‌چنین وجود رابطه بلندمدت بین دو متغیـر بهـره‌وری انـرژی و قیمـت انرژی در ایران از طریق آزمون هم انباشتگی اسـتاندارد رد شـد در حـالی کـه یـک هـم انباشتگی نامتقارن یا پنهان بین قیمت انرژی و بهره‌وری انرژی وجـود دارد. پـیش‌بینـی ایشان با توجه به رونـد کنـونی کـاهش قیمـت نسـبی انـرژی در ایـران، کـاهش شـدید بهره‌وری انرژی در ایران است. سلیمی فر و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسـی تـأثیر عوامـل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران بین سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۵۳ با بـه کـارگیری روش حداقل مربعات پرداخته و نتیجه گرفتند کـه تکنولـوژی و سـرمایه فیزیکـی بـه ترتیـب موجب رشد متوسـط سـالانه‌ای معـادل ۱/۴۸۲۳۸ و ۱/۲۴۰۷۳ درصـدی شـدت انـرژی شده‌اند. در همین حال نیروی‌کار شدت انرژی را به طور متوسط ۱/۳۳۰۱۶ کـاهش داده است. این عوامل در مجموع توضیح دهنده رشد متوسـط سـالانه‌ای ۱/۳۹۲۹۵ درصـدی در شدت انرژی هستند و بخش عمده‌ای از رشد شدت انرژی معلول عوامل دیگری بـوده است (با توجه به رشد ۳/۶۹ درصدی مصرف انرژی ایـران). قنبـری و همکـاران (۱۳۹۲) پس از محاسبه بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی ایران بـا شـاخص بهـره‌وری جزیـی، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن را با استفاده از الگوی ARDL طی سـال‌هـای ۱۳۸۶-۱۳۵۶

بررسی کرده و نشان دادند که متوسط سرمایه به ازای هر واحد انرژی مصرفی، دستمزد واقعی نیروی‌کار، متوسط نیروی‌کار (به ازای هر واحد انرژی)، قیمت واقعی فراورده‌های نفتی و نسبت برق از کل مصرف انرژی، تأثیری مثبت بر بهره‌وری انرژی در کوتاه‌مدت داشته‌اند و در بلندمدت، متغیر سهم مصرف برق از کل مصرف انرژی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی داشته است. عبدلی و ایرانشاهی (۱۳۹۳) با بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در تمام صنایع فعال در بورس تهران طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵ به روش داده‌های تابلویی بیان می‌کنند: که متغیرهای شدت شبه دارایی‌های ثابت، شدت نیروی‌کار، شدت سرمایه و شدت مواد اولیه و قیمت این نهاده‌ها نسبت به سطح این متغیرها در بهبود شدت انرژی در صنایع مختلف کشور اهمیت بیشتری دارند و افزایش تجهیزات، سهم انرژی در تولید را در صنایع مختلف کاهش داده است. هم‌چنین نتیجه گرفتند که نهاده انرژی، جانشین سایر نهاده‌ها در اغلب صنایع است، بنابراین افزایش قیمت انرژی با تغییر قیمت‌های نسبی نهاده‌ها می‌تواند موجب جانشینی سایر نهاده‌ها به جای انرژی و بهبود شدت انرژی گردد. ناجی میدانی و همکاران (۱۳۹۴)، رابطه بین صنعتی شدن و کارایی انرژی بخش صنعت در ایران را بر اساس داده‌های سالانه در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۶۰ با استفاده از الگوی خود بازگشت با وقفه‌های توزیعی و الگوی تصحیح خطا برآورد کردند و وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل تأیید شد. در حالیکه صنعتی شدن تأثیر منفی و معنی‌داری بر کارایی انرژی دارد، تأثیر نسبت موجودی سرمایه و نسبت کار (به ازای هر واحد انرژی) بر کارایی انرژی مثبت و معنی‌دار است. اما قیمت نسبی انرژی نتوانسته تأثیر معنی‌داری بر کارایی انرژی بگذارد. نتایج آزمون علیت به روش هشیائو[1] یک سویی رابطه علّی از صنعتی شدن به کارایی انرژی را نشان می‌دهد. حقیقت و همکاران (۱۳۹۳) کارایی انرژی بخش خانگی در ۲۸ استان ایران را طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱ با استفاده از روش مرزی تصادفی مورد بررسی قرار دادند و هم‌چنین به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی بخش خانگی در ایران پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که استان‌های ایلام، سیستان و بلوچستان و بوشهر کمترین کارایی انرژی بخش خانگی بین استان‌های کشور را دارند و مصرف انرژی نسبت به قیمت بسیار کم‌کشش و نسبت به

1. Hsiao

سطح درامد سرانه خانوار و جمعیت باکشش است و با افزایش اندازه خانوار، مصرف انرژی کاهش می‌یابد.

۴- تدوین الگو

پس از همگن‌سازی بخش‌های مختلف اقتصادی، کل فعالیت‌های تولیدی جامعه به چهار بخش کشاورزی، صنایع، خدمات و حمل و نقل دسته‌بندی شد. داده‌های مورد بررسی، سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ را در برمی‌گیرد.

بر اساس مباحث مطرح شده، مدل مورد استفاده به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$EE_{it} = f(VA_{it}, PE_{it}, FDI_{it}, (K/L)_{it}) \quad (۱۲)$$

که در آن EE_{it} بیانگر کارایی انرژی بخش i در سال t است. داده‌های مربوط به کارایی انرژی در بخش‌های مختلف از مطالعه کفایی و نژاد آقائیان وش (۱۳۹۵) که به روش تابع مرزی تصادفی برآورد شده، اخذ و در جدول ۱ پیوست ارائه شده است. VA_{it} ارزش افزوده به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۳ بخش i در زمان t و PE_{it} قیمت نسبی انرژی بخش i در سال t را نشان می‌دهند. قیمت نسبی انرژی (به ریال معادل هر بشکه نفت‌خام)، توسط محققان محاسبه و نحوه به‌دست آوردن آن به تفصیل در قسمت ۴-۱-۲ تشریح می‌شود. FDI_{it} انباشت سرمایه مستقیم خارجی بخش i در سال t است که در قسمت ۴-۱-۱ به طور مفصل نحوه محاسبه آن بیان می‌شود. $(K/L)_{it}$ نیز نسبت موجودی سرمایه به نیروی‌کار شاغل در بخش i در سال t و مبین ساختار فنی تولید بخشی است.

بررسی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی

همان‌طورکه بیان شد، انرژی علاوه بر تأمین نیازهای مصرفی خانوارها، به‌عنوان یک نهاده مهم تولید نیز مطرح است و قیمت آن، نه تنها بر میزان تقاضای انرژی بلکه بر تصمیم‌گیری کارگزاران اقتصادی نسبت به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی‌اندوز و هزینه تولید محصول نیز تأثیر می‌گذارد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که با افزایش قیمت انرژی، کارگزاران اقتصادی به سمت سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی‌اندوز (که منجر به افزایش کارایی انرژی می‌شود) سوق پیدا می‌کنند. بر اساس مطالعات انجام

شده (که برخی از آن‌ها در بخش ۳ بیان شد)، از میان تمام عوامل مؤثر بر کارایی انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی، می‌توان به ۴ عامل به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اشاره کرد؛ ۱- سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، که اغلب نمادی از بهبود تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه و به بیانی سرریز تکنولوژی از کشورهای توسعه یافته است، ۲- قیمت انرژی، به‌عنوان هزینه استفاده از انرژی و دلیل یا انگیزه‌ای متداول در صرفه‌جویی انرژی است. ۳- نسبت موجودی سرمایه به اشتغال، که نشان دهنده ساختار تولید و به بیانی اهمیت نسبی سرمایه (انرژی‌بر) به‌کار (با نیاز غیرمستقیم به انرژی) را مشخص می‌کند و ۴- ارزش افزوده بخشی، که هم مقیاس تولید و هم میزان نیاز به مصرف انرژی را نشان می‌دهد. در ادامه چگونگی تأثیرگذاری این عوامل بررسی می‌شود.

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی

استفاده از نهاده سرمایه در تمام فرآیندهای تولیدی، مستلزم استفاده از انرژی است و می‌توان گفت که به نوعی در کنار نهاده سرمایه و به‌عنوان مکمل آن استفاده می‌شود. در نتیجه استفاده کمتر و کاراتر از نهاده انرژی منوط به بهبود ابزارها و تجهیزات تولیدی (سرمایه مورد استفاده) بخش‌های تولیدی است. در واقع زمانی از انرژی کاراتر می‌توان استفاده نمود که سایر عوامل تولید به ویژه انرژی این امکان را فراهم نمایند، به بیان دیگر بهبود کارایی انرژی نیازمند بهتر شدن نهاده سرمایه و یکی از راه‌های مهم و سریع آن، دستیابی به تجهیزات کاراتر است که می‌تواند از طریق واردات (سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی) و یا با تحقیق و توسعه و تولید تجهیزات پیشرفته‌تر در داخل میسر شود. تلقی سرمایه‌گذاری خارجی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر کارایی انرژی را در مطالعات فراوانی از جمله الیوت و همکاران[1]، (۲۰۱۳) می‌توان یافت. چون انباشت سرمایه (و نه سرمایه‌گذاری) بر تولید تأثیر می‌گذارد (انباشت سرمایه یک نهاده با دوام با تأثیرگذاری در طی زمان و سرمایه‌گذاری تنها بخش کوچکی از آن است) بنابراین به جای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، از انباشت سرمایه مستقیم خارجی بخشی به‌عنوان عامل مؤثر بر کارایی انرژی استفاده می‌شود. چون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی پس از انقلاب از سال ۱۳۷۳ به بعد صورت گرفته، بنابراین میزان آن در اولین سال ورود به‌عنوان موجودی آن سال در نظر گرفته شد و با افزودن سرمایه‌گذاری‌های سالانه بعدی

1. Robert J.R. Elliott et al

و کسر نمودن استهلاک (که توسط محققان محاسبه شد)، موجودی سرمایه سال‌های بعد به‌دست آمد.

قیمت انرژی

یکی از پارامترهای مؤثر در میزان تقاضا و مصرف انرژی و در نتیجه یکی از عوامل مؤثر بر کارایی انرژی، قیمت حامل‌های انرژی محسوب می‌شود. بنابراین بررسی روند قیمت حامل‌های انرژی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. یکی از مهمترین رویدادها در زمینه قیمت انرژی در ایران، قانون هدفمندی یارانه‌هاست. در سال ۱۳۸۹، با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، قیمت حامل‌های انرژی افزایش چشمگیری یافت. به‌طوری که قیمت بنزین ۴ تا ۷ برابر، نفت سفید ۶/۱ برابر، نفت گاز ۹/۱ تا ۲۱/۲ برابر، نفت کوره ۲۱/۲ برابر و گازمایع ۳/۵-۱/۳ برابر شدند و قیمت برق نیز ۲۶/۵ درصد افزایش یافت (ترازنامه انرژی). حامل‌های انرژی مورد استفاده در بخش‌های مختلف شامل فرآورده‌های نفتی (بنزین، نفت گاز، گاز مایع، نفت کوره، نفت سفید)، گاز طبیعی و برق، ناهمگن‌اند پس نیازمند همگن‌سازی واحدهای اندازه‌گیری آن‌هاست. برای همگن‌سازی انواع انرژی از ضریب تبدیل آن (بر اساس معادل بشکه نفت‌خام) استفاده شده است. با توجه به این که تعرفه بخش‌ها متفاوت است و با توجه به مصرف هر حامل انرژی (به‌عنوان وزن) در هر بخش، شاخصی برای قیمت انرژی در هر بخش توسط محققان ساخته شد، سپس با استفاده از شاخص ضمنی ارزش افزوده هر بخش (قیمت محصول هر بخش)، قیمت انرژی به صورت نسبی برای آن بخش محاسبه شد و به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر کارایی انرژی مورد استفاده قرار گرفت. در این زمینه به مطالعات فراوانی از جمله هانگ و تو (۲۰۰۷) می‌توان اشاره کرد. بررسی قیمت نسبی انرژی نشان می‌دهد که بین سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۳ در بخش‌های مختلف، روندی ثابت و یا نزولی داشته تا این که در سال ۱۳۸۹ با هدفمندی یارانه‌ها به صورت جهشی افزایش یافته است.

نسبت موجودی سرمایه به نیروی‌کار شاغل

به‌طور معمول از نسبت دو نهاده اصلی سرمایه و کار به‌عنوان شاخصی برای ساختار فنی تولید استفاده می‌شود و انتظار بر این است که این نسبت در بخش‌های مختلف

اقتصادی متفاوت باشد و این تفاوت بر کارایی انرژی نیز مؤثر باشد. در بخش‌های کاربر، این نسبت کوچکتر و مصرف انرژی نیز کمتر است، در حالی که در بخش‌های سرمایه‌بر این نسبت بزرگتر و مصرف انرژی نیز بیشتر است. در واقع سرمایه و انرژی به صورت مکمل هم عمل می‌کنند و گویی همراه با هم جانشین نیروی‌کار شده‌اند. به بیان بهتر انباشت سرمایه به تنهایی نمی‌تواند در تولید کالا و خدمات چندان مفید باشد، زیرا برای تأثیرگذاری نیازمند استفاده هم‌زمان از انرژی است. وقتی نسبت سرمایه به نیروی‌کار افزایش یابد، مصرف انرژی زیاد و در نتیجه طبق تعریف، بسیار محتمل است که کارایی انرژی کاهش یابد.

ارزش افزوده

ارزش افزوده هر بخش نشان دهنده مقیاس تولید و ملاک مناسبی برای اندازه‌گیری درآمد حاصل از محصولات آن بخش است. با فرض این که عوامل دیگر مانند تکنولوژی ثابت باقی بماند، افزایش درآمد با افزایش مصرف انرژی همراه می‌شود. این افزایش تولید و افزایش مصرف انرژی متناسب نیست و در مواردی به سبب ناکارایی‌های ناشی از مدیریت و یا سایر عوامل، افزایش مصرف شدیدتر از افزایش تولید است و در نتیجه، کارایی انرژی کاهش می‌یابد. هم‌چنین افزایش ارزش افزوده گرچه می‌تواند به کارایی کل کمک کند، اما همواره کارایی انرژی هم زیاد نمی‌شود و بنابراین هرگاه افزایش مقیاس تولید، کارایی را کاهش دهد، کارایی انرژی هم به احتمال بسیار زیاد کاهش می‌یابد. گاهی اوقات ممکن است افزایش تولید باعث افزایش کارایی مصرف انرژی شود، یعنی صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس بروز کرده و افزایش تقاضای انرژی به‌عنوان نهاده تولید از افزایش تولید، کمتر باشد. تقریبا تمام مطالعات مربوط به شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی این متغیر را لحاظ کرده‌اند.

۵- برآورد الگو

برای برآورد الگو، ابتدا به بررسی پایایی متغیرها می‌پردازیم. در داده‌های تابلویی آزمون‌های مختلفی ارائه شده که در این تحقیق از آزمون ایم، پسران و شین استفاده می‌شود. نتایج حاصل از این آزمون برای متغیرهای الگو در جدول ۱ آورده می‌شود.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد برای متغیرهای الگو

متغیر (در سطح یا با یکبار تفاضل‌گیری)	فرم تابع	آماره آزمون سطح یا تفاضل اول	P مقدار	درجه پایایی
LEE	با عرض از مبدأ و روند	-۳/۴۹۸۱۴	۰/۰۰۰۲	I (۰)
D (K / L)	با عرض از مبدأ و روند	-۳/۸۲۵۴۱	۰/۰۰۰۱	I (۱)
D(LFDI)	با عرض از مبدأ و روند	-۲/۹۳۱۶۹	۰/۰۰۱۷	I (۱)
LPE	با عرض از مبدأ و روند	-۱/۷۴۲۷۵	۰/۰۴۰۷	I (۰)
D(LVA)	با عرض از مبدأ	-۲/۷۴۴۰۹	۰/۰۰۳	I (۱)
حرف D در اول نام متغیرها نشان دهنده یکبار تفاضل‌گیری متغیر است.				
حرف L در اول نام متغیر نشان دهنده تعریف آن به صورت لگاریتم طبیعی است.				

منبع: یافته‌های تحقیق

با مقایسه مقدار آماره با مقدار بحرانی نتیجه می‌شود که: متغیرهای کارایی انرژی و قیمت نسبی انرژی در سطح پایا هستند، ولی متغیرهای نسبت سرمایه به نیروی‌کار، ارزش افزوده و انباشت سرمایه مستقیم خارجی با یک بار تفاضل‌گیری پایا می‌شوند.

با توجه به نتایج آزمون همجمعی جوهانسون – فیشر، متغیرهای مورد استفاده، همجمع هستند. در نتیجه، رگرسیون برآورد شده کاذب نخواهد بود.

اثرات ثابت و تصادفی در داده‌های تابلویی

در مدل اثرات ثابت فرض می‌شود که تفاوت‌های گروهی را می‌توان در جمله ثابت منعکس نمود. هر α_i یک ضریب مجهول است که بایستی برآورد گردد. α_i بیانگر اثر تمامی عواملی است که به صورت مقطعی بر Y_{it} تأثیر می‌گذارند، اما اثر این عوامل در طول زمان ثابت است. فرض کنید که Y_i و X_i شامل T مشاهده برای گروه iام می‌باشد. پس در این حالت معادله به صورت زیر درمی‌آید (α برای هر گروه متفاوت است.):

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \qquad (۱۳)$$

برای آزمون معنادار بودن ضریب α_i (آزمون فرضیه $\alpha_i = 0$) برای تمام iها می‌توان از نسبت t استفاده کرد. این فرضیه صرفا در خصوص یک گروه خاص می‌باشد. اگر بخواهیم اثرات گروهی را به صورت یکجا آزمون کنیم، باید از آزمون F استفاده شود که

در این حالت، یکسان بودن یا متفاوت بودن اثرات گروهی (یعنی α_i ها) مدنظر است. بدین ترتیب، فرضیه‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$H_0: \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \ldots = \alpha$$
$$H_1: \quad \text{همه } \alpha \text{ ها برابر نیستند} \qquad (۱۴)$$

بزرگ بودن F بدین معناست که فرضیه صفر رد می‌شود و لذا اثرات ثابت معنادار است و α_i ها یکسان نیستند و به عبارتی تفاوت‌های گروهی معنادار است. نتیجه این آزمون در این تحقیق بیانگر وجود اثرات ثابت می‌باشد.

براش و پاگان (۱۹۸۰)، آزمون ضریب لاگرانژ (LM) را برای مدل اثرات تصادفی بر اساس پسماندهای OLS توصیه می‌کنند. فرضیه اثرات تصادفی به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$H_0: \quad \sigma_u^2 = 0$$
$$H_1: \quad \sigma_u^2 \neq 0 \qquad (۱۵)$$

فرضیه صفر بیانگر نبود اثرات تصادفی است و لذا به معنی نامناسب بودن مدل تلفیقی و مناسب بودن مدل اثرات تصادفی است. رد فرضیه صفر به معنی وجود اثرات تصادفی است. لازم به ذکر است که در این تحقیق به دلیل کم بودن تعداد مشاهدات مقطعی، آزمون وجود اثرات تصادفی امکان‌پذیر نمی‌باشد. در آزمون هاسمن (۱۹۷۸) فرض صفر بیانگر وجود اثرات تصادفی و فرض مقابل، مبین وجود اثرات ثابت است. این آزمون نیز به دلیل کم بودن تعداد مشاهدات مقطعی در این تحقیق، نتایج قابل اتکایی ارائه نمی‌کند.

روش GLS[1]

با توجه به نتایج آزمون‌های فوق، آشکار می‌شود که می‌باید رگرسیون را به روش اثرات ثابت برآورد کرد. چون بخش‌های اقتصادی چهارگانه کشاورزی، صنایع، حمل و نقل و خدمات دارای ماهیت متفاوت فنی هستند، به نظر می‌رسد که نمی‌توان واریانس جملات اخلال مشاهدات بخش‌های مختلف را همسان تلقی کرد و باید برای مشاهدات هر بخش، وزنی خاص تعریف و سپس برآورد کرد، به بیان دیگر باید از طریق روشی موسوم به GLS استفاده نمود. در مدل داده‌های تابلویی، زمانی از GLS استفاده می‌شود که واریانس ناهمسانی وجود داشته باشد. در این تحقیق به دلیل وجود واریانس

1. Generalized Least Squares

ناهمسانی، از این روش و نرم افزار Eviews8 استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل به روش GLS به صورت زیر به‌دست آمد:

جدول ۲- نتایج برآورد مدل به روش GLS

	ضریب	انحراف معیار	آماره t	P مقدار
C	۱۱/۲۴۶۶۹	۰/۲۶۱۰۵۳	۴۳/۰۸۱۹۹	۰/۰
Ln VA	-۰/۶۹۲۲۶۷	۰/۰۱۹۲۴	-۳۵/۹۸۱۲۹	۰/۰
Ln PE	۰/۲۳۴۴۶۱	۰/۰۲۰۶۴۱	۱۱/۳۵۹۱۴	۰/۰
Ln FDI	۰/۰۷۴۶۷۱	۰/۰۰۴۰۱۵	۱۸/۵۹۵۷۹	۰/۰
K/L	-۱/۳۰۴۱۳۶	۰/۰۸۹۵۲۳	-۱۴/۵۶۷۵۵	۰/۰
R^2	۰/۹۷۱۶۵۸			
$\bar{R}^2$	۰/۹۷۰۰۶۲			

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج فوق معلوم می‌شود که مقدار آماره‌ها به حد کافی بزرگ هستند و در ناحیه بحرانی قرار می‌گیرند، یعنی به عبارتی ضرایب همگی معنی‌دار هستند، پس:

الف) به ازای هر یک درصد افزایش در ارزش افزوده بخش، کارایی انرژی بخش به‌طور متوسط ۰/۶۹ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین گرچه به نظر می‌رسد هرچه مقیاس تولید بیشتر شود باید کارایی انرژی افزایش یابد، ولی همان‌طورکه قبلاً گفته شد همواره این‌طور نیست، زیرا ممکن است تولید در مقیاس بالا با مشکلات نظارتی و مدیریتی رو به رو شود و اتلاف انرژی بروز کند. به بیان دیگر به جای صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس تولید، هزینه‌های اضافی تحمیل می‌شود. هم‌چنین نتایج حاصل از برآورد نشان می‌دهد که در کل اقتصاد ایران نیز افزایش مقیاس تولید منجر به افزایش کارایی انرژی نمی‌شود، بلکه به طور نسبی مصرف انرژی زیاد شده یعنی با اتلاف انرژی همراه است. هم‌چنین انرژی به‌عنوان یک نهاده تولید، جانشین عامل تولید سرمایه نیست بلکه مکمل آن است، به علاوه کار نیز جانشین ضعیفی برای انرژی در برخی موارد نادر است. به همین دلیل با افزایش ارزش افزوده به تنهایی نمی‌توان افزایش در کارایی انرژی را متصور بود. بلکه باید تکنولوژی تولید هم به طور مکمل بهبود یابد، تا افزایش ارزش افزوده در کنار سطح تکنولوژی بالاتر، به بهبود کارایی انرژی منجر شود. از طرفی هم

سرعت جانشینی تجهیزات تولیدی (که از انرژی استفاده می‌کنند) کم است و در کوتاه مدت به طور معمول نمی‌توانند جایگزین شوند. به بیان دیگر (جایگزینی سرمایه) هم مستلزم تحمل هزینه سنگین فروختن یا کنار گذاشتن سرمایه‌های قبلی (ارزان‌تر) و خریدن تجهیزات با تکنولوژی بالاتر و انرژی‌اندوزتر (گران‌تر) و در نتیجه افزایش قیمت تمام شده محصول است و به احتمال زیاد منجر به تغییر ساختار تولید شده و تغییر در سایر نهاده‌های تولید چون کار و یا حداقل تغییر کیفیت آن‌ها (با آموزش بیشتر و صرف هزینه فراوان‌تر) را ضروری می‌سازد. این دو نکته تأکیدی است بر دلایل تغییر کند تجهیزات و بنابراین تکنولوژی تولید.

ب) هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که به ازای هر یک درصد افزایش در قیمت نسبی انرژی، کارایی انرژی به طور متوسط ۰/۲۳ درصد افزایش می‌یابد. (کشش قیمتی کارایی ۰/۲۳ است.) که این خود مبین این نکته فوق است که تولیدکنندگان به دشواری می توانند هنگام مواجهه با قیمت‌های بالاتر انرژی، تقاضای خود را به سرعت کاهش دهند.

هر چه با ثابت بودن میزان تولید، انرژی بیشتری مصرف شود، ناکارایی استفاده از انرژی نیز بیشتر می‌شود. اما تغییر قیمت می‌تواند تولیدکنندگان را به سمت استفاده از تکنولوژی انرژی‌اندوز سوق دهد. بنابراین به طور معمول تأثیرگذاری قیمت بر کارایی انرژی کند و در کوتاه‌مدت کمتر مورد توجه است اما در بلندمدت می‌تواند تأثیر به‌سزایی داشته باشد.

پ) به ازای هر یک درصد افزایش در انباشت سرمایه مستقیم خارجی، کارایی انرژی به طور متوسط بیش از ۰/۰۷ درصد افزایش می‌یابد. در واقع سرمایه مستقیم خارجی بیانگر سرریز تکنولوژی به داخل است و در نتیجه می‌تواند تأثیر مثبتی بر بهبود تکنولوژی (انرژی‌اندوزی) تجهیزات داشته باشد، چون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در واقع نماد عاملی است که به ارتقاء فناوری سرمایه منجر می‌شود. بنابراین آشکارا هر سیاستی که بتواند بنگاه‌های تولیدی در بخش‌های مختلف اقتصادی را به بهبود فناوری تولید و در نتیجه انرژی‌اندوز نمودن تولید خود ترغیب نماید، کارایی انرژی را بهبود می بخشد.

ت) به ازای هر یک واحد افزایش در K/L ،کارایی انرژی به طور متوسط ۱/۳ درصد کاهش می‌یابد. ممکن است این نتیجه در نگاه اول عجیب به نظر برسد و انتظار بسیاری

از افزایش K/L یعنی سرمایه‌برتر شدن ساختار تولید افزایش کارایی انرژی باشد و در نتیجه رابطه مثبت را صحیح بدانند اما لزوما این‌گونه نیست. زیرا همان‌طوری که به تفصیل بیان شد، افزایش موجودی سرمایه نسبت به‌کار، به معنی استفاده از تکنولوژی‌های برتر (انرژی‌اندوزتر) و به بیان دیگر به مفهوم بهره‌برداری از تجهیزاتی که ضمن حفظ توان تولید خود به کار و نیز انرژی کمتری نیاز دارند، نیست. از طرف دیگر استفاده از سرمایه، بدون استفاده از انرژی به هر شکل ممکن نیست و بهره‌برداری از تجهیزات نیازمند صرف انرژی بیشتر است. آدتوتو (۲۰۱۴) نیز رابطه بین سرمایه و انرژی را در دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۲ در کشورهای صادرکننده نفت اوپک بررسی کرده است، نتایج وی برای ایران نشان می‌دهد که انرژی و سرمایه مکمل هم هستند. هم‌چنین افزایش تولید ناشی از افزایش سرمایه به جای کار همواره آنقدر شدید نیست که افزایش مصرف انرژی را خنثی و کارایی انرژی را زیاد کند. لازم به ذکر است که افزایش K/L به میزان یک واحد، به مفهوم تغییری بسیار شدید و تقریبا غیر ممکن است. برای مثال با نگاهی به ارقام این نسبت در بخش کشاورزی، در سال‌های مختلف مورد بررسی مشاهده می‌شود که دامنه تغییرات آن بین ۰/۰۳۱۷۲ تا ۰/۰۷۵۶۱۴است و در طول این ۱۹ سال تنها ۰/۰۴۳۸۹ تغییر کرده است. پس بهتر است که از تأثیر یک صدم واحدی این نسبت بر کارایی انرژی صحبت شود. بدین ترتیب به ازای هر یک صدم واحد افزایش در K/L ، کارایی انرژی به میزان ۰/۰۱۳کاهش می‌یابد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری

در این تحقیق کارایی نهاده تولید انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا تمام فعالیت‌های اقتصادی (تولیدی و خدماتی) کشور، به چهار بخش کشاورزی، صنایع، خدمات و حمل ونقل تفکیک شدند. بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی، عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی، شناسایی و با استفاده از داده‌های تابلویی، اثر هر یک از متغیرها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که: الف) افزایش قیمت حامل‌های انرژی باعث افزایش کارایی انرژی بخشی می‌شود، زیرا تولیدکنندگان به دشواری می‌توانند هنگام مواجهه با قیمت‌های بالاتر انرژی، تقاضای خود را به سرعت کاهش

دهند، زیرا کاهش تقاضای انرژی مستلزم استفاده از سرمایه‌های انـرژی‌انـدوز و در واقـع جایگزینی سرمایه‌های فعلی است که هزینه سنگینی را بر بنگاه‌ها نیز تحمیل مـی‌کنـد. هر چه به مقدار مصرف انرژی با ثابت بودن میزان تولید، اضافه شود، به مفهوم آن اسـت که از انرژی، ناکاراتر استفاده می‌شود. گرچه بنگاه‌های تولیدی به افزایش قیمـت انـرژی در کوتاه‌مدت به کندی واکنش نشان می‌دهند، ولـی در نهایـت انتظـار مـی‌رود افـزایش قیمت انرژی، تولیدکنندگان را به سمت استفاده از تکنولـوژی انـرژی‌انـدوز سـوق دهـد. بنابراین به طور معمول تأثیرگذاری قیمت بر کارایی انرژی کند و در کوتـاه‌مـدت کمتـر مورد توجه است اما در بلندمدت می‌تواند تأثیر به‌سزایی بگذارد.

ب) در اقتصاد ایران افزایش مقیاس تولید منجر به افزایش کارایی انـرژی نمـی‌شـود، بلکه به طور نسبی مصرف انرژی افزایش می‌یابد، یعنـی بـا اتـلاف انـرژی همـراه اسـت. هم‌چنین انرژی به‌عنوان یک نهاده تولید، قابلیت جانشینی ضعیفی بـرای نهـاده سـرمایه دارد و بیشتر یک نهاده مکمل آن است. بـه همـین دلیـل بـا افـزایش ارزش افـزوده بـه تنهایی نمی‌توان افزایش در کارایی انرژی را متصور بود، بلکه باید تکنولـوژی تولیـد هـم به‌طور مکمل بهبود یابد، تا افزایش ارزش افزوده در کنار تکنولوژی بالا، به بهبود کـارایی انرژی منجر شود.

پ) سرریز تکنولوژی خارجی تأثیر مثبتی بر افزایش کارایی انـرژی بخشـی دارد. در واقع از انباشت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی که بیانگر سرریز تکنولوژی به داخل است می‌توان جهت تنظیم سیاست‌های دولت نسبت به فعالیت‌های تحقیق و توسعه بنگـاه‌هـا که تأثیر مثبت بهبود تکنولوژی (انرژی اندوزی) تجهیزات را نشان می‌دهد، استفاده کرد.

ت) نسبت موجودی سرمایه به‌کار، مبین ساختار و یـا چگـونگی ترکیـب نهـاده‌هـای تولید است و بر خلاف تصور برخی، همواره بـه معنـی اسـتفاده از تکنولـوژی‌هـای برتـر (انرژی‌اندوزتر) و به بیان دیگر به مفهوم بهره‌برداری از تجهیزاتی که ضـمن حفـظ تـوان تولید خود به کار و نیز انرژی کمتـری نیـاز دارنـد، نیسـت. اسـتفاده از سـرمایه، بـدون استفاده از انرژی به هر شکل ممکن نیست و بهـره‌بـرداری از تجهیـزات نیازمنـد صـرف انرژی است.

پیشنهادات

۱- با توجه به تأثیر مثبت (ولی کم یا تدریجی) افزایش قیمت حامل‌های انرژی برکارایی انرژی و جایگاه متفاوتی نهاده انرژی در بخش‌های مختلف، اتخاذ سیاست‌های تبعیض قیمتی می‌تواند در بلندمدت مفید واقع شود.

۲- با توجه به نقش تکنولوژی‌های جدید و پیشرفته انرژی‌اندوز در افزایش کارایی انرژی، دولت می‌تواند با اجرای سیاست‌های مختلف تشویقی، بنگاه‌ها را به سمتی سوق دهد که سریع‌تر تکنولوژی‌های قدیمی و انرژی‌بر خود را با تکنولوژی‌های جدید و انرژی‌اندوز جایگزین نمایند. هم‌چنین دولت می‌تواند از طریق تأمین برخی از هزینه‌های بنگاه‌ها و ارائه تسهیلات با سود پایین از طریق بانک‌ها (برای نوسازی و تعویض تجهیزات فعلی خود با تجهیزات انرژی‌اندوز و جدید) به جایگزینی تجهیزات کمک کند. این کار در بلندمدت هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد و از لحاظ زیست محیطی نیز می‌تواند تأثیر مثبتی داشته باشد.

۳- بر طرف کردن موانع موجود در سر راه بهبود تکنولوژی (واردات آسان‌تر تجهیزات پیشرفته یا حمایت از تحقیق و توسعه داخلی) تولید تجهیزات سرمایه‌ای انرژی‌اندوز داخلی را افزایش و کمک شایانی به ارتقاء سطح کارایی انرژی می‌نماید. در این تحقیق، انباشت سرمایه مستقیم خارجی، بیانگر سرریز تکنولوژی به داخل کشور است، پس در واقع هر تصمیمی که منجر به ورود کالاهای انرژی‌اندوز در بخش‌های مختلف اقتصادی گردد، افزایش کارایی انرژی را به دنبال خواهد داشت. در این مورد نیز تصمیم‌های دولت در زمینه تأمین هزینه‌های تحقیق و توسعه، تسهیل واردات کالاهای انرژی‌اندوز (برای مثال کاهش تعرفه‌های واردات تجهیزات سرمایه‌ای انرژی‌اندوز و کالاهای مصرفی با کارایی انرژی بالاتر) و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی انرژی‌اندوز می‌تواند مفید باشد.

فهرست منابع

ابریشمی، حمید، مهدی نوری و امیر دودابی نژاد (۱۳۸۹)؛ "رابطه قیمت و بهره‌وری انرژی در ایران: بررسی تجربی هم انباشتگی نامتقارن"، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال هجدهم، شماره‌ی ۵۵، صفحه۲۲-۵.

امامی میبدی، علی؛ (۱۳۸۹)؛ "کارایی و بهره‌وری از دیدگاه اقتصادی"، دانشگاه علامه طباطبایی، چاپ اول ۱۳۹۰.

امینی، علیرضا و فرزانه یزدی پور؛ (۱۳۸۷)؛ "تحلیل عوامل مؤثر بر بهره‌وری انرژی در کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران"، پژوهش‌نامه‌ی اقتصادی، شماره‌ی ۳۰، صفحه ۱۰۴-۷۱.

امینی، علیرضا؛ هستی ریسمانچی و علیرضا فرهادی کیا؛ (۱۳۸۹)، "تحلیل نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در ارتقای بهره‌وری کل عوامل (TFP)؛ یک تحلیل داده‌های تابلویی بین کشوری"، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال چهاردهم، شماره‌ی ۴۳، صفحه ۸۰-۵۵.

باستانزاد، حسین و فرهاد نیلی؛ (۱۳۸۴)؛ "اهداف سیاستی قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۶۸، صفحه ۲۲۶-۲۰۱.

ترازنامه‌های انرژی ایران، سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۳، وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

حقیقت، جعفر؛ محمدصالح انصاری لاری و پویان کیانی، (۱۳۹۳)؛"ارزیابی کارایی انرژی در بخش خانگی استان‌های کشور"، پژوهش‌نامه‌ی اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره‌ی ۱۳، صفحات ۱۱۶-۸۹.

حیدری، ابراهیم و حسین صادقی؛ (۱۳۸۴)؛ "تخمین کارایی انرژی در بخش صنعت ایران در قالب تابع تقاضای تعدیل جزیی"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۶۸، صفحه ۲۰۰-۱۷۹.

سلیمی فر، مصطفی؛ امین حق نژاد و محسن رحیمی؛ (۱۳۸۹)؛ " بررسی تأثیر عوامل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران: یک تجزیه و تحلیل مبتنی بر تابع تولید کاب - داگلاس"، مجله‌ی دانش و توسعه، سال هفدهم، شماره‌ی ۳۴، صفحه ۲۰-۱.

سیف، اله مراد؛ (۱۳۸۷)؛ " شدت انرژی : عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی"، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال پنجم، شماره‌ی ۱۸، صفحه ۲۰۱-۱۷۷.

عباسی نژاد، حسین و داریوش وافی نجار؛ (۱۳۸۳)؛ "بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS (۱۳۷۹-۱۳۵۰)"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۶۶، صفحه ۱۳۷-۱۱۳.

عبدلی، قهرمان و زینب ایرانشاهی؛ (۱۳۹۳)؛ "تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران"، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال بیست و دوم، شماره‌ی ۷۱، صفحه ۱۲۴-۱۰۳.

قنبری، علی؛ سمانه خاکسار آستانه و حمیده خاکسار آستانه؛ (۱۳۹۳)؛ "بررسی عوامل موثر بر بهره‌وری انرژی دربخش کشاورزی ایران"، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۶، شماره‌ی ۱، صفحه ۲۱-۱.

کفایی، محمدعلی؛ پریا نژاد آقائیان وش؛ (۱۳۹۵)؛ "برآورد و مقایسه کارایی انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران"، فصل‌نامه‌ی اقتصاد و الگوسازی، شماره‌ی ۲۷.

مهرآرا، محسن و رضا محسنی؛ (۱۳۸۳)؛ "آثار تجارت خارجی بر بهره‌وری: مورد ایران"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۶۶، صفحه ۸۹-۵۷.

ناجی میدانی، علی اکبر؛ محمدحسین مهدوی عادلی و مهدیه عربشاهی دلویی، (۱۳۸۴)؛" بررسی رابطه بین صنعتی شدن و کارایی انرژی بخش صنعت در ایران"، مجله‌ی سیاست گذاری اقتصادی، سال هفتم، شماره‌ی سیزدهم، صفحه ۵۶-۲۷.

Adetutu, M., (2014); “Energy efficiency and capital-energy substitutability: Evidence from four OPEC countries” *Applied Energy*, 119, pp.363-370.

Andrews-Speed, P., (2009); “China’s ongoing energy efficiency drive: Origins, progress and prospects” *Energy Policy*, 37, pp.1331-1344.

Bhattacharyya, S., (2011); “Energy Economics; Concepts, Issues, Markets and Governance” springer.

Bhattacharyya, Subhes C. (2011); “Energy Economics; Concepts, Issues, Markets and Governance” *springer*.

Birol, Fatih & Jan Horst Keppler (2000); “Prices, technology development and the rebound effect” *Energy Policy*, 28, pp. 457-469.

Elliott, R., Sun, P. & Chen, S., (2013); “Energy intensity and foreign direct investment: A Chinese city-level study” *Energy Economics*, 40, pp.484-494.

Farrell, M., (1957); "The Measurement of Productive Efficiency"*Journal of the Royal Statistical society*, Series A (General), Vol.120, No.3, pp.253-290.

Fisher-Vanden, K., Jefferson, G., Jingkui, M., & Jianyi, X., (2006); "Technology development and energy productivity in China*" Energy Economics*, 28, pp.690–705.

Hang, L. & Tu, M., (2007); "The impacts of energy prices on energy intensity: Evidence from China" *Energy Policy*, 35, pp.2978-2988.

Herrerias, M., Cuadros, A. & Orts, V., (2013); "Energy intensity and investment ownership across Chinese provinces" *Energy Economics*, 36, pp.286-298.

Hogan, w. & Manne, A., (1977), "energy-economy interaction: the fable of the elephant and the rabbit? in energy and the economy"*EMF report 1 of the energy modeling forum, Stanford university.*

Hu, J. & Satoshi, H., (2014); "A Comparative Study of Energy Efficiency of OECD Countries: An Application of the Stochastic Frontier Analysis" *Energy Procedia*, 61, pp.2280-2283.

Medlock, k., (2011), "energy demand theory"*published in: hunt, L.c. & Evans, j. (eds), (2011). International handbook on the economics of energy. Edward Elgar publishing.*

Medlock, k., (2011), "the economics of energy supply"*published in: hunt, L.c. & Evans, j. (eds), (2011). International handbook on the economics of energy. Edward Elgar publishing*.

Miao, R., & Jin, Y., (2014); "The measurement and analysis of regional energy efficiency in China" *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(3), pp.729-734.

Mielnika, O. & Goldembergb, J., (2002); "Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries" *Energy Policy*, 30, pp.87-89.

Morikawa, M., (2012); "Population density and efficiency in energy consumption: An empirical analysis of service establishments" *Energy Economics*, 34, pp.1617-1622.

Mukherjee, K., (2008); "Energy use efficiency in the Indian manufacturing sector: An interstate analysis" *Energy Policy*, 36, pp.662-672.

Mulder, P., de Groot, H. & Pfeiffer, B., (2013); "Dynamics and Determinants of Energy Intensity in the Service Sector: A Cross-Country Analysis, 1980–2005" *Tinbergen Institute Discussion Paper*.

Patterson, M., (1996); “What is energy efficiency?” *Energy Policy*, Vol.24, No.5, pp. 377-390.

Saundres, H., (2011), “theoretical foundation of the rebound effect” *published in: hunt, L.c. & evans, j. (eds), (2011), International handbook on the economics of energy. Edward elgar publishing.*

Shi, X., & Polenske, K., (2005) “Energy Prices and Energy Intensity in China: A Structural Decomposition Analysis and Econometrics Study” *center for energy and environmental policy research*, 06-006.

Stern, D., (2012); “Modeling international trends in energy efficiency” *Energy Economics*, 34, pp.2200-2208.

Wang, C., (2011); “Sources of energy productivity growth and its distribution dynamics in China” *Resource and Energy Economics*, 33, pp. 279-292.

پیوست

جدول ۱- کارایی انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۳

سال	کشاورزی	صنایع	حمل و نقل	خدمات	میانگین
۱۳۷۳	۰/۹۷۵۴	۰/۸۶۷۷	۰/۹۹۴۲	۰/۲۴۹۱	۰/۷۷۲۳
۱۳۷۴	۰/۹۷۰۶	۰/۸۶۰۶	۰/۹۸۹۳	۰/۲۴۳۷	۰/۷۶۶۶
۱۳۷۵	۰/۹۶۶۸	۰/۸۵۴۹	۰/۹۸۵۶	۰/۲۳۸۶	۰/۷۶۱۹
۱۳۷۶	۰/۹۶۳۸	۰/۸۵۰۱	۰/۹۸۲۶	۰/۲۳۸۶	۰/۷۵۷۹
۱۳۷۷	۰/۹۶۱۴	۰/۸۴۶۰	۰/۹۸۰۳	۰/۲۲۹۴	۰/۷۵۴۵
۱۳۷۸	۰/۹۵۹۴	۰/۸۴۲۵	۰/۹۷۸۵	۰/۲۲۵۱	۰/۷۵۱۶
۱۳۷۹	۰/۹۵۷۸	۰/۸۳۹۴	۰/۹۷۷۰	۰/۲۲۱۰	۰/۷۴۸۹
۱۳۸۰	۰/۹۵۶۴	۰/۸۳۶۶	۰/۹۷۵۸	۰/۲۱۶۹	۰/۷۴۶۶
۱۳۸۱	۰/۹۵۵۳	۰/۸۳۴۱	۰/۹۷۴۹	۰/۲۱۳۰	۰/۷۴۴۴
۱۳۸۲	۰/۹۵۴۳	۰/۸۳۱۸	۰/۹۷۴۰	۰/۲۰۹۲	۰/۷۴۲۴
۱۳۸۳	۰/۹۵۳۴	۰/۸۲۹۵	۰/۹۷۳۳	۰/۲۰۵۴	۰/۷۴۰۴
۱۳۸۴	۰/۹۵۲۶	۰/۸۲۷۴	۰/۹۷۲۷	۰/۲۰۱۶	۰/۷۳۸۶
۱۳۸۵	۰/۹۵۱۸	۰/۸۲۵۴	۰/۹۷۲۲	۰/۱۹۷۹	۰/۷۳۶۸
۱۳۸۶	۰/۹۵۱۱	۰/۸۲۳۳	۰/۹۷۱۷	۰/۱۹۴۳	۰/۷۳۵۱
۱۳۸۷	۰/۹۵۰۷	۰/۸۲۱۴	۰/۹۷۱۲	۰/۱۹۰۶	۰/۷۳۳۴
۱۳۸۸	۰/۹۴۹۸	۰/۸۱۹۴	۰/۹۷۰۸	۰/۱۸۷۱	۰/۷۳۱۸
۱۳۸۹	۰/۹۴۹۱	۰/۸۱۷۵	۰/۹۷۰۴	۰/۱۸۳۵	۰/۷۳۰۱
۱۳۹۰	۰/۹۴۸۵	۰/۸۱۵۵	۰/۹۷۰۰	۰/۱۸۰۰	۰/۷۲۸۵
۱۳۹۱	۰/۹۴۷۹	۰/۸۱۳۶	۰/۹۶۹۶	۰/۱۷۶۵	۰/۷۲۶۹

کفایی و نژاد آقائیان وش (۱۳۹۵)

Identifying the Factors that Effect Sectoral Energy Efficiency in the Iranian Economy

Seyed Mohammad Ali Kafaie[1]
PhD in economics Faculty member of economics department, Shahid Beheshti University, m-kafaie@sbu.ac.ir

Paria Nejadaghaeianvash
Master's degree in Energy Economics, Shahid Beheshti University, vash.nejad2010@gmail.com
Received: 2016/06/19 Accepted: 2017/01/02

Abstract

Given energy's crucial contribution to the production process and its scarcity, it is important to measure how efficiently it gets used in an economy. study This Iranian the of sectors different in efficieny energy study to aims namely ,economy agriculture, industry, transportation and services, due to differences in technologies used in these sectors. This research uses a panel data approach to identify the factors that impact sectoral energy efficieny, using data for the period 1994 to 2012. Our findings indicate that FDI and relative energy prices positively impact energy efficiency, while sectoral value added and capital-labor ratio have negative effects.

JEL Classification: Q43, E64, C23, F21

Keywords: FDI, panel data, relative energy price, sectoral energy efficiency

1. Corresponding Author,