فصل‌نامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی/ سال ششم / شمارهٔ ۲۳/ زمستان ۱۳۸۸/ صفحات ۴۱ - ۲۳

بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی با استفاده از تابع کاب داگلاس

قهرمان عبدلی

استادیار دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه تهران g_abdoli@yahoo.com

ویدا ورهرامی

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه تهران vida7892000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۴

چکیده

در ایران استفاده از انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد از جمله صنعت بسیار چشم‌گیر است، لذا استفاده از تکنولوژی‌هایی که شدت مصرف انرژی را کاهش داده و منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شوند حایز اهمیت است.

به‌منظور بررسی ارتباط بین مصرف انرژی و بهبود تکنولوژی، تابع تولید کاب‌داگلاس که در آن انرژی، نیروی‌کار و سرمایه‌ی متغیر مستقل هستند، را در نظر می‌گیریم. می‌توان نشان داد چون لازمه‌ی تولید بیش‌تر مصرف انرژی بیش‌تر است، رشد تولید سرانه‌ی سرمایه و رشد تولید سرانه‌ی نیروی کار شدت مصرف انرژی را افزایش خواهد داد. اما از سوی دیگر پیشرفت تکنولوژی شدت مصرف انرژی جهت تولید را کاهش می‌دهد. بررسی‌های تجربی در این مقاله نشان می‌دهد که بهبود تکنولوژی نرخ رشد شدت مصرف انرژی را در صنعت به طور متوسط ۱/۵۳ و نرخ رشد شدت مصرف انرژی در بخش کشاورزی را به طور متوسط ۱/۳۲ کاهش خواهد داد.

طبقه‌بندی JEL : C67 ،C45

کلید واژه: شدت مصرف انرژی، تکنولوژی، تابع تولید کاب‌داگلاس، بخش صنعت، بخش کشاورزی

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

انرژی یکی از عناصر مؤثر بر رشد و توسعه‌ی اقتصادی کشورهاست. از سویی به علت کمبود برخی منابع انرژی و عدم تجدیدپذیری آن‌ها باید بـه دنبـال راهکارهـای کـاهش مصرف انرژی بود تا بدین گونه توسعه‌ی پایدار حاصل آید و منـافع نسـل‌هـای آتـی نیـز تأمین شود. دو راهکار اصلی برای این امـر وجـود دارد، یکـی راهکـار قیمتـی و دیگـری راهکار غیرقیمتی و استفاده از تکنولوژی‌های صرفه‌جویی کننده‌ی مصرف انرژی است، به طوری‌که بهبود تکنولوژی می‌تواند در راستای صرفه‌جویی در مصرف انرژی عمـل نمایـد. بهبود تکنولوژی در کشور، شیوه‌ی جدیدی جهـت کـاهش مصـرف انـرژی بـوده و رشـد اقتصادی کشور را افزایش خواهد داد. به این صورت جریان تکنولوژی به شـکل زیـر روی مصرف انرژی مؤثر است:

شکل ۱- تأثیر جریان بهبود تکنولوژی بر مصرف انرژی

همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، بهبود تکنولوژی از یک سو منجر به رشد اقتصادی شده و به این شکل منجر به مصرف بیش‌تر انرژی می‌شـود. (چـون وقتـی رشد اقتصادی ایجاد می‌شود، به انرژی بیش‌تری نیاز است.) ولـی از سـوی دیگـر بهبـود تکنولوژی منجر به کاهش رشد مصرف انرژی می‌شود، چون با بهبود تکنولوژی ابزارهـا و تکنیک‌های جدیدی حاصل می‌آید که این ابزارها و تکنیک‌ها به انـرژی کـم‌تـری جهـت تولید نیاز دارند. لذا سئوالی که مطرح می‌شود این است که آیا بهبود تکنولوژی منجر بـه کاهش مصرف انرژی در ایران شده است؟ اگـر پاسـخ مثبـت اسـت، مقـدار آن چـه‌قـدر می‌باشد؟ برای پاسخ به این سئوالات، مقاله در بخش‌های زیر تنظیم شده است:

بخش۲، مروری بر مطالعات پیشین، بخش ۳، تشریح و بررسی مدل، بخش ۴، داده‌هـای تحقیق، بخش ۵، مطالعه تجربی و بخش ۶، که در برگیرنده نتیجـه‌گیـری اسـت، پایـان بخش مقاله می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- مروری بر مطالعات پیشین

مطالعات گسترده‌ای در زمینه‌ی نقش پیشرفت تکنولوژی در صرفه‌جویی مصرف انرژی انجام گرفته است که بیش‌تر در قالب مدل‌های رشد درون‌زاو برون‌زا می‌باشد.

وان زون و همکاران[1] (۲۰۰۳)، از مدل رمزی استفاده کردند و نشان دادند که اگر کشوری بخواهد رشد اقتصادی داشته باشد باید با بهبود تحقیقات، در راستای بهبود تکنولوژی عمل کند. آن‌ها مصرف انرژی کالاهای ابتدایی را با یک روش تکنیکی بررسی کرده و نشان دادند که نرخ رشد اقتصادی با رشد درون‌زای قیمت‌های واقعی انرژی رابطه‌ی منفی دارد و از سویی اثبات کردند که تغییر پارامترهای تکنولوژی نرخ رشد اقتصادی را بهبود می‌دهد.

پرز و همکاران[2] (۲۰۰۶)، نشان دادند که بهبود تکنولوژی میزان مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. آن‌ها در مقاله‌ی خود در مورد به کارگیری تکنولوژی‌های کاهنده‌ی مصرف انرژی بررسی‌هایی انجام دادند و در مدل خود با استفاده از جریان‌های تکنیکی صرفه‌جویی انرژی نشان دادند که مؤفقیت در امر صرفه جویی در مصرف انرژی، منجر به افزایش عرضه انرژی می‌شود. از سویی دیگر نشان دادند که فقط وجود بازده ثابت نسبت به مقیاس همراه با عرضه‌ی ثابت انرژی، رشد بلندمدت اقتصادی را پدید می‌آورد. برگلاند و همکاران[3] (۲۰۰۶)، روی ارتباط بین متغیرهای مصرف انرژی و تکنولوژی مطالعاتی انجام داده و نشان دادند که بهبود تکنولوژی می‌تواند در راستای کاهش مصرف انرژی عمل کند. هدف اصلی مقاله‌ی آن‌ها، انجام مطالعه‌ای در مورد تحلیل و معرفی تکنیکی جدید به نام بررسی کاربرد یادگیری و تجربه[4] در مدل‌های انرژی پایین به بالاست[5]. فرضیه‌ی کار آن‌ها، بررسی مطالعات اخیر انجام گرفته در مورد اثر یادگیری با تجربه، در مدل‌های انرژی پایین به بالاست. آن‌ها نشان دادند در این مدل‌ها یادگیری با تجربه، برای انتشار تکنولوژی و گسترش اختراعات در بخش انرژی مؤثر خواهد بود. بدین صورت در مدل پایین به بالا، برای بخش انرژی تکنولوژی معمولا با یادگیری به صورت درون‌زا گسترش می‌یابد، اما برای بخش صنعت این مدل به همان خوبی

1- Van Zon et al.
2- Perez et al.
3- Berglund et al.
4 -Learning by –doing.
5- Bottom-up energy models.

Archive of SID

www.SID.ir

نمی‌تواند رفتار انتشار تکنولوژی را بررسی کند. ما و همکاران [1] (۲۰۰۸)، نشان دادند که در سال‌های (۲۰۰۴-۱۹۹۵)، میزان مصرف انرژی با بهبود جریان تکنولوژی و ایجاد پیشرفت‌هایی در این زمینه، رفته رفته کاهش یافته است. در این مقاله کشش جزئی جانشینی آلن برای انرژی و کشش قیمتی تقاضای انرژی برای چین، با استفاده از تابع هزینه‌ی ترانسلوگ دو مرحله‌ای محاسبه شده است. آن‌ها نشان دادند که انرژی می‌تواند جانشین سرمایه و نیروی کار شود و جریان الکتریسیته نیز می‌تواند جایگزین خوبی برای زغال سنگ و بنزین باشد.

در ایران نیز مطالعاتی به شرح زیر انجام گرفته است:

هژبر کیانی و رنجبری (۱۳۸۰)، در مقاله‌ای به برآورد تابع تولید بلندمدت بخش کشاورزی پرداختند. آن‌ها در برآورد تابع تولید، برای جلوگیری از به وجود آمدن رگرسیون کاذب ناشی از نامانایی متغیرها، از روش‌های هم بستگی استفاده کردند و روش خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی (ARDL[2]) را به عنوان روش تخمین به کار بردند. نتایج بررسی آن‌ها، حاکی از آن است که در بخش کشاورزی، بین تولید و نهاده‌های نیروی کار و سرمایه و انرژی، رابطه‌ای بلندمدت وجود دارد. سهیلی (۱۳۸۲)، در مقاله‌ای با عنوان آثار پیشرفت تکنولوژی بر تقاضای بلندمدت انرژی در بخش کشاورزی، به تفکیک حامل و نوع مصرف، به بررسی تأثیر تحولات تکنولوژیکی بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی پرداخت و بدین منظور از متغیرهای توضیحی، ثابت و برون‌زا استفاده کرد. نتایج مطالعه‌ی وی نشان داد که تأثیر فنی پیشرفت تکنولوژی بر تقاضای بلندمدت انرژی در بخش کشاورزی زیاد است. آرمن و زارع (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای، با استفاده از روش تودا و یا ماموتو، رابطه‌ی علیت گرنجری بین کل مصرف نهایی انرژی و هم‌چنین مصرف حامل‌های مختلف انرژی شامل فرآورده‌های نفتی، برق، گاز طبیعی و سوخت‌های جامد و رشد اقتصادی در ایران طی سال‌های ۸۱-۱۳۴۶ را مورد بررسی قرار دادند و وجود یک رابطه‌ی بلندمدت بین متغیرها را با استفاده از روش خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی اثبات کردند. آن‌ها بیان کردند که در مواردی که یک رابطه‌ی علیت گرنجری یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی مشاهده می‌شود، افزایش مصرف انرژی محرک رشد اقتصادی است. در این صورت باید در اجرای هرگونه سیاست

1- Ma et al.
2- Auto Regressive Distributed Lag.

Archive of SID

www.SID.ir

صرفه‌جویی در مصرف انرژی با احتیاط کامل عمل کرد، به گونه‌ای که اعمال چنین سیاستی منجر به آثار انقباضی بر رشد اقتصادی نشود. در حالاتی که یک رابطه‌ی علیت گرنجری یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی مشاهده می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که رشد اقتصادی مقدم بر مصرف انژری بوده و بنابراین سیاست صرفه‌جوی در مصرف انرژی را می‌توان بدون کمک بر رشد اقتصادی به کار گرفت. کرباسی و مستور طهرانی (۱۳۸۵)، در مطالعه‌ای به بررسی کاربرد تجارت الکترونیک در بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی پرداختند و نشان دادند با گسترش تجارت الکترونیک، میزان هزینه‌های حمل و نقل و مصرف انرژی در کشور کاهش می‌یابد و از سویی از آلودگی‌های زیست محیطی نیز کاسته می‌شود، به طوری که تنها پرداخت الکترونیکی قبوض گاز، آب و برق منجر به صرفه‌جویی‌های کلان اقتصادی و صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی شده است.

بهبودی و همکاران (۱۳۸۵)، به بررسی رابطه‌ی بین مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی و تجاری (به عنوان تقاضای نهایی انرژی) و بخش‌های صنعت و حمل و نقل و کشاورزی (به عنوان تقاضای واسطه‌ای انرژی) از یک سو و رشد اقتصادی ایران از سوی دیگر طی سال‌های ۸۳-۱۳۴۶، با استفاده از روش‌های آزمون علیت گرنجر استاندارد و تصحیح خطا پرداختند. نتایج حاصل از علیت گرنجر استاندارد شده نشان‌دهنده‌ی این است که یک رابطه‌ی علیت گرنجر یک طرفه از تقاضای نهایی انرژی به رشد اقتصادی و یک رابطه‌ی علّی دو طرفه بین رشد اقتصادی و تقاضای واسطه‌ای انرژی وجود دارد. نتایج حاصل از برآورد مدل‌های تصحیح خطا نیز نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت و بلندمدت، رابطه‌ی علیت گرنجری دوطرفه بین تقاضای نهایی انرژی و رشد اقتصادی و تقاضای واسطه‌ای انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد. حسنی صدرآبادی و همکاران (۱۳۸۶)، برای آزمون ارتباط علّی بین مصرف انرژی (به شکل مجموع مصرف فرآورده‌های نفتی، مصرف‌گاز و مصرف برق)، اشتغال و تولید ناخالص داخلی در ایران طی دوره‌ی ۸۵-۱۳۸۰، از تجزیه و تحلیل هم‌گرایی و آزمون علیت هسیائو استفاده کردند. نتیجه‌ی آزمون هم‌گرایی جوهانس نشان داد که سه بردار هم‌گرایی برای متغیرهای موردنظر وجود دارد و نتایج آزمون علیت بیانگر علیت، یک طرفه از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی و از اشتغال به تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی است. هم‌چنین به منظور بررسی رفتار پویای مدل، واکنش تکانه‌ای و تجزیه‌ی واریانس نیز

Archive of SID

www.SID.ir

وارد تحلیل شده، که نتایج حاصل از این دو نیز تأییدکننده‌ی نتایج آزمون علیت است. پس مصرف انرژی و اشتغال در طول دوره‌ی مورد بررسی در ایران محرک تولید ناخالص داخلی بوده است. هرچند که اشتغال مقدم برمصرف انرژی است. آماده و همکاران (۱۳۸۸)، در مطالعه‌ای با استفاده از الگوی خودبازگشتی با وقفه‌های توزیعی (ARDL[1]) و الگوی تصحیح خطا (ECM[2])، وجود رابطه‌ی بلندمدت و کوتاه‌مدت بین مصرف نهایی انرژی و مصرف نهایی حامل‌های مختلف انرژی شامل فرآورده‌های نفتی، برق، گاز و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران طی سال‌های ۸۲-۱۳۵۰ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی نشان داد که یک رابطه‌ی علیت کوتاه مدت و بلندمدت یک طرفه از مصرف نهایی انرژی و مصرف نهایی انرژی برق بر رشد اقتصادی موجود است. یک رابطه‌ی علیت کوتاه‌مدت یک طرفه نیز از رشد اقتصادی به مصرف نهایی گاز طبیعی موجود است. علاوه بر این یک رابطه‌ی علیت یک طرفه از مصرف نهایی انرژی در بخش صنعت به رشد ارزش افزوده در این بخش و یک رابطه‌ی علیت کوتاه‌مدت و بلندمدت یک طرفه از مصرف نهایی انرژی برق در بخش کشاورزی به رشد ارزش افزوده وجود دارد.

۳- مدل

طبق بررسی‌هایی که در کشورهای مختلف انجام گرفته است، سرمایه، نیروی کار، تکنولوژی و انرژی، عناصر اصلی رشد اقتصادی هستند، بنابراین در یک مدل رشد اقتصادی، ۴ متغیر کلیدی ترکیب می‌شوند، که شامل سرمایه (K)، نیروی کار (L)، انرژی (E) و جریان تکنولوژیکی (T) هستند، لذا تابع تولید به‌شکل رابطه‌ی (۱) می‌باشد:

$$y(t) = f(k(t), L(t), E(t), T(t)) \qquad (۱)$$

فرض کنید تکنولوژی برون‌زا بوده و دارای نرخ رشد ثابت C است، پس جریان بهبود تکنولوژیکی را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۲) بیان کرد:

$$T(t) = Ae^{Ct} \qquad (۲)$$

1- Auto Regressive Distributed Lag.
2- Error Correction Mechanism.

Archive of SID

www.SID.ir

تابع تولید کاب داگلاس را که جهت تحلیل ساده‌تر است و با تئوری رشد نئوکلاسیکی سازگاری داشته و در تعادل، وضعیت با ثباتی دارد، انتخاب می‌کنیم. تابع تولید کاب داگلاس، همگن از درجه‌ی یک می‌باشد، یعنی اگر همه‌ی عوامل تولید n برابر شود، تولید نیز n برابر می‌شود. تولید نهایی کار، سرمایه و انرژی، مثبت بوده و در صورتی که میزان استفاده‌ی شما از سرمایه خیلی کم باشد، تولید نهایی سرمایه بسیار اندک است و اگر میزان استفاده‌ی شما از سرمایه تا بی‌نهایت افزایش یابد، تولید نهایی سرمایه صفر خواهد شد[1].

پس تابع تولید کاب داگلاس به صورت رابطه‌ی (۳) مطرح می‌شود:

$$Y(t) = Ae^{ct}K(t)^{\alpha}L(t)^{\beta}E(t)^{\gamma} \qquad (۳)$$

$$\gamma = ۱ - \alpha - \beta \qquad (۴)$$

لذا رابطه‌ی (۳) را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۵) نوشت:

$$(\frac{E}{Y})^{\gamma}e^{ct}A = \frac{Y^{۱-\gamma}}{K^{\alpha}L^{\beta}} \qquad (۵)$$

با توجه به رابطه‌ی (۴)، رابطه‌ی (۵) را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۶) نوشت:

$$(\frac{E}{Y})^{\gamma}e^{ct}A = (\frac{Y}{K})^{\alpha}(\frac{Y}{L})^{\beta} \qquad (۶)$$

در رابطه‌ی (۶)، $\chi = \frac{E}{Y}$، بوده و بیانگر شدت مصرف انرژی است و $y_k = \frac{Y}{K}$ بیانگر تولید سرانه‌ی سرمایه بوده و $y_l = \frac{Y}{L}$ تولید سرانه‌ی نیروی کار را نشان می‌دهد پس می‌توان. رابطه‌ی (۶) را به صورت رابطه‌ی (۷) بیان کرد:

$$\chi^{\gamma}e^{ct}A = (y_k)^{\alpha}(y_l)^{\beta} \qquad (۷)$$

1- Inada Condition.

Archive of SID

www.SID.ir

از رابطه‌ی (۷) لگاریتم می‌گیریم:

$$\gamma \mathrm{Ln}\chi(t) + ct + \mathrm{LnA} = \alpha \mathrm{Lny}_{k}(t) + \beta \mathrm{Lny}_{l}(t) \qquad (۸)$$

از رابطه‌ی (۸)، مشتق می‌گیریم و رابطه‌ی (۹) حاصل می‌شود:

$$\gamma \frac{\dot{\chi}(t)}{\chi(t)} = \alpha \frac{\dot{y}_{k}(t)}{y_{k}(t)} + \beta \frac{\dot{y}_{l}(t)}{y_{l}(t)} - c \qquad (۹)$$

$\frac{\dot{\chi}}{\chi}$، بیانگر نرخ رشد شدت مصرف انرژی، $\frac{\dot{y}_k}{y_k}$، نرخ رشد y_k و $\frac{\dot{y}_l}{y_l}$، نرخ رشد y_l (محصول به نیروی کار) است C نرخ رشد تکنولوژی را نشان می‌دهد، لذا رابطه‌ی (۹) این طور بیان می‌کند که وقتی رشد تکنولوژی (C) بیش‌تر باشد، میزان $\frac{\dot{\chi}}{\chi}$ یا نرخ رشد $(\frac{E}{Y})$ انرژی به تولید، کم‌تر خواهد شد و شدت مصرف انرژی از رشد پایینی برخوردار می‌شود.

۴- داده‌ها

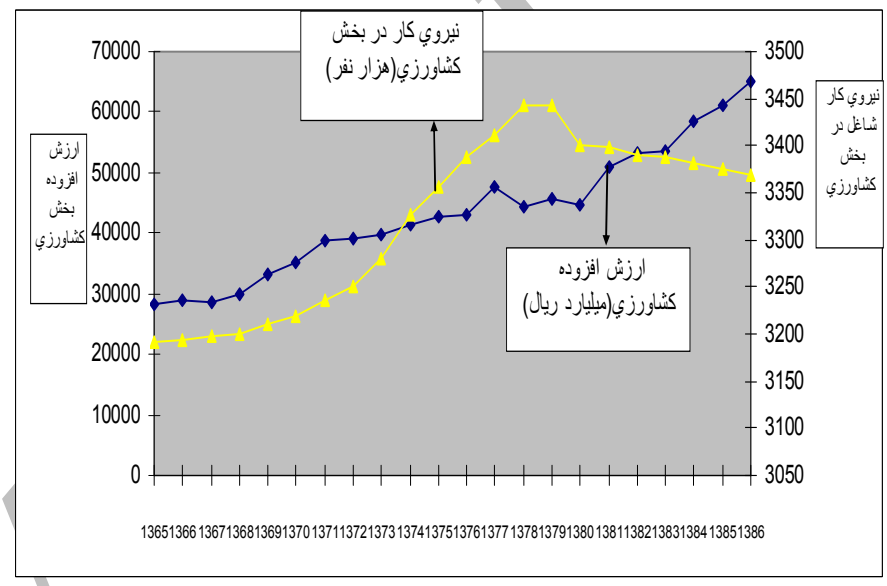
در این مقاله به دنبال بررسی اثر بهبود تکنولوژی بر شدت مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی هستیم. به طور کلی شدت مصرف انرژی در بخش صنعت نسبت به بخش کشاورزی بیش‌تر است، به‌ویژه در کارگاه‌ها و کارخانه‌ها که برای تولید محصول نیاز به انرژی بیش‌تری وجود دارد، لذا وجود ماشین‌آلات جدید با قابلیت صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌تواند در راستای کاهش شدت مصرف انرژی در این بخش به طور مؤثر عمل کند. در بخش کشاورزی مصرف انرژی به صورت استفاده از سوخت، شامل از نفت و گاز می‌باشد، که بهبود تکنولوژی می‌تواند در راستای تولید ماشین‌آلات با قابلیت صرفه‌جویی در شدت مصرف انرژی عمل کند.

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور بررسی دقیق تأثیر جریان بهبود تکنولوژی بر شدت مصرف انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی، از آمار مربوط به سال‌های[1] ۸۶-۱۳۶۵ استفاده شده و آمار مربوط به مصرف انرژی در برگیرنده‌ی (سوخت‌های فسیلی) میزان مصرف نفت، گاز و گازوئیل در ۲ بخش مذکور است. آمار مربوط به Y به ترتیب بیان‌گر ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی و ارزش افزوده‌ی بخش صنعت (به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶)، K، بیانگرموجودی سرمایه در بخش‌های کشاورزی و صنعت به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ و L نیز نیروی کار شاغل در این دو بخش است. آمارهای مذکور از ترازنامه‌های بانک‌مرکزی و از طریق مراجعه به مرکز آمار و وزارت نیرو به‌دست آمده‌اند و t بیانگر زمان است.

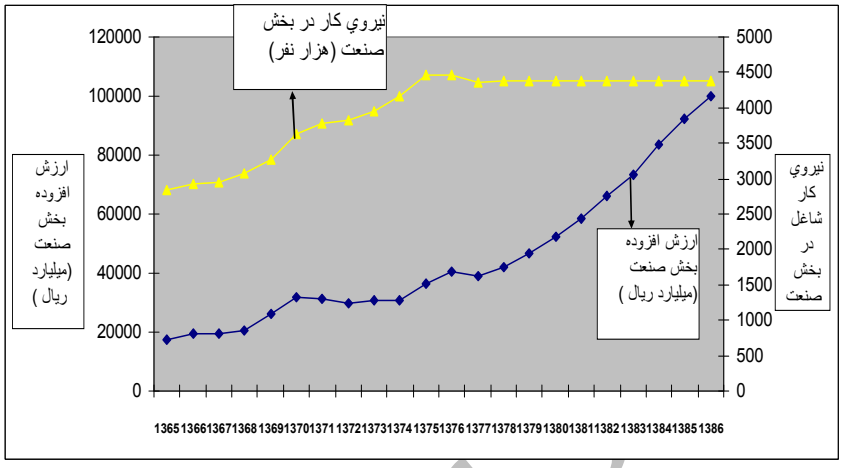
به منظور بررسی دقیق‌تر با استفاده از آمارهای به دست آمده از مرکز آمار و وزارت نیرو، نمودارهای (۱) تا (۷) ترسیم شده‌اند که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.



نمودار ۱- ارتباط ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی و نیروی کار در آن

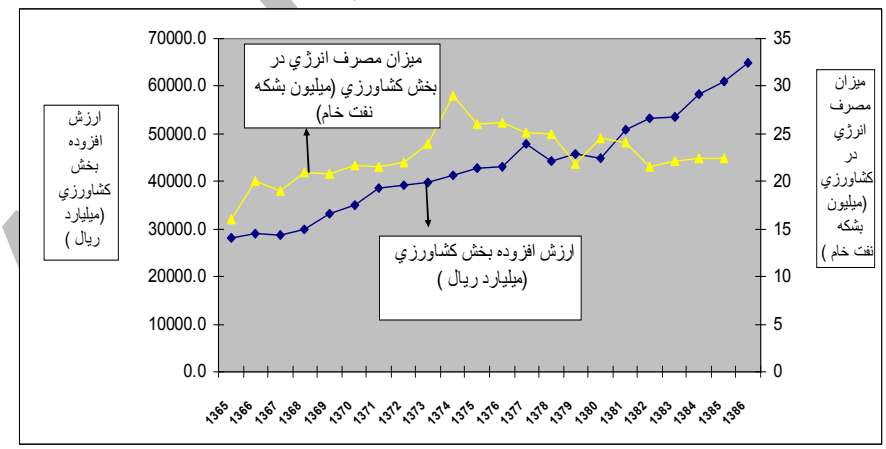
۱ - چون داده‌های مربوط به سال‌های بعد از ۸۶ وجود نداشته و به‌طور کامل در هیچ‌یک از منابع ذکر نشده بود، از این فاصله‌ی زمانی استفاده شد.

www.SID.ir



نمودار۲ – ارتباط ارزش افزوده‌ی بخش صنعت و نیروی کار در آن

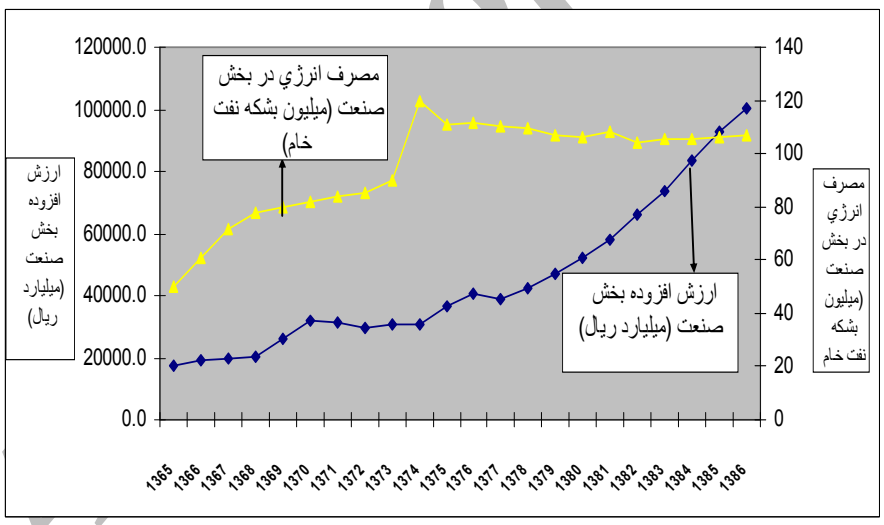
در نمودار (۱)، ارتباط بین ارزش افزوده و نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی و در نمودار (۲)، ارتباط بین ارزش افزوده‌ی بخش صنعت و نیروی کار شاغل در این بخش نشان داده شده، که با افزایش نیروی کار شاغل در این دو بخش ارزش افزوده نیز فزونی می‌یابد، اما کاملاً مشهود است که نرخ استفاده از نیروی کار در این ۲ بخش به مرور زمان کم‌تر شده است، که علت آن را می‌توان در بهبود تکنولوژی جستجو کرد.



نمودار ۳- ارزش افزوده بخش کشاورزی و مصرف انرژی در آن

www.SID.ir

در نمودارهای (۳) و (۴) به ترتیب ارتباط بین ارزش افزوده‌ی ۲ بخش صنعت و کشاورزی و مصرف انرژی در این دو بخش نشان داده شده، به این طور است، با افزایش ارزش افزوده در هر ۲ بخش، میزان مصرف انرژی در این بخش‌ها نیز فزونی یافته، به طوری که بهبود ارزش افزوده در هر ۲ بخش مستلزم صرف انرژی بیش‌تری بوده است، ولی این افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی به تدریج (به‌ویژه در فاصله‌ی سال‌های ۸۶-۱۳۸۳)، از رشد کم‌تری برخوردار بوده، که می‌توان این کاهش را به بهبود تکنولوژی، استفاده بیش‌تر از فن‌آوری‌های جدید و کارآمدتر شدن ماشین‌آلات نسبت داد، به‌ویژه استفاده از انرژی برق به جای گازوئیل در این بخش (به صورت برق دار کردن چاه‌ها) نقش اساسی در کاهش مصرف انرژی داشته است. در بخش صنعت نیز به علت استفاده‌ی بیش‌تر از فن‌آوری‌های جدید در کارگاه‌ها و کارخانه‌های تولیدی، میزان استفاده از انرژی در این بخش از سال ۱۳۸۰ به بعد نسبتا کاهش یافته است.

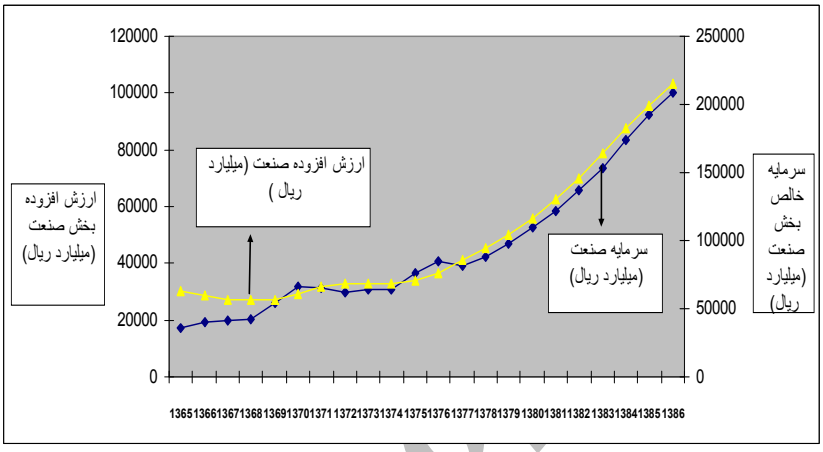


نمودار ۴- ارزش افزوده‌ی بخش صنعت و مصرف انرژی در آن

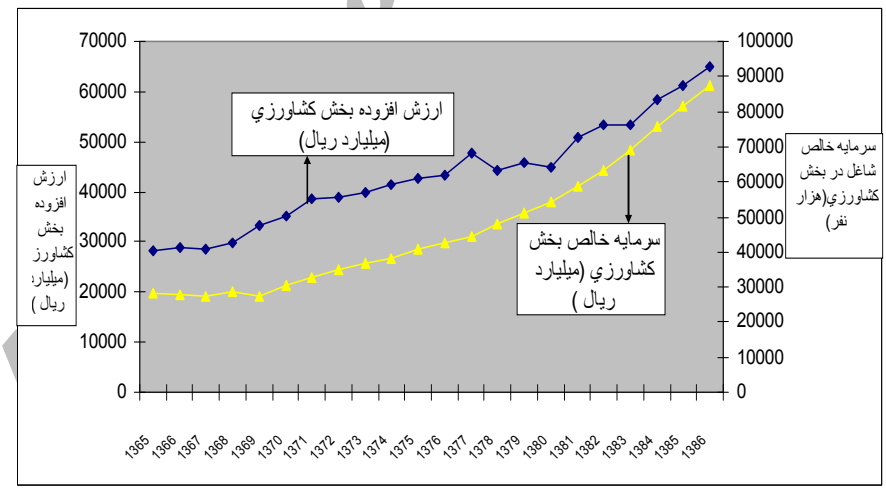
در نمودارهای (۵) و (۶)، ارتباط بین میزان سرمایه‌ی خالص در دو بخش صنعت و کشاورزی در مقابل ارزش افزوده این دو بخش رسم شده است، که منظور از سرمایه در بخش صنعت و کشاورزی، موجودی‌های سرمایه‌ی خالص به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ در

www.SID.ir

دو بخش مذکور است که از سایت بانک مرکـزی ایـران[۱] اسـتخراج شـده اسـت. ایـن دو نمودار نشان می‌دهند که میزان استفاده از سرمایه‌ی خالص در طول سال‌های مورد نظـر در ۲ بخش صنعت و کشاورزی، افزایش یافته است.



نمودار ۵ - ارتباط بین ارزش افزوده بخش صنعت و سرمایه خالص آن

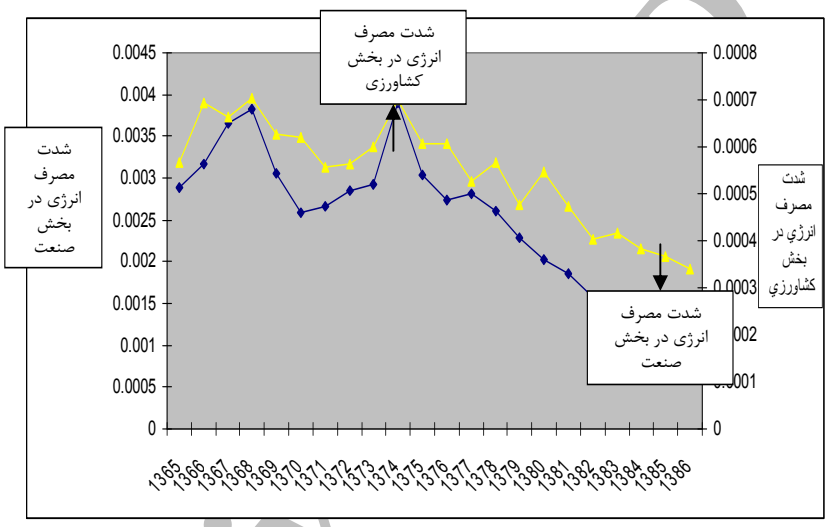


نمودار ۶- ارتباط ارزش افزوده کشاورزی و سرمایه خالص آن

۱- آمار مربوط به متغیرهای مورد نظر، با مراجعه‌ی حضوری به مرکز آمار ایران حاصل و بخشی نیز از سایت بانک مرکزی (www.cbi.ir) استخراج گردیده است.

www.SID.ir

در نمودار (۷)، شدت مصرف انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی رسم شده است. همان‌طور که در این نمودار مشهود می‌باشد، در سال‌های اخیر شدت مصرف انرژی در بخش صنعت نسبت به بخش کشاورزی از رشد کم‌تری برخوردار بوده، ولی شدت مصرف انرژی در بخش صنعت بیش‌تر از بخش کشاورزی است.



نمودار ۷- مقایسه‌ی شدت مصرف انرژی در دو بخش صنعت و کشاورزی

۵- مطالعه‌ی تجربی

به منظور انجام مطالعه‌ی تجربی، ابتدا به بررسی مانایی متغیرها با استفاده از روش دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) می‌پردازیم، که نتایج آن در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- آزمون مانایی داده‌ها

متغیر	آماره‌ی ADF	سطح بحرانی ۱۰٪	مانایی
Y	-۳/۰۵	-۲/۹۶	مانا
E	-۳/۱۹	-۲/۸۱	مانا
L	-۳/۳۴	-۲/۸۸	مانا
K	-۳/۲۸	-۲/۹۹	مانا

Archive
www.SID.ir

مطابق با جدول (۱)، در سطح $\alpha = \%۱۰$، تمامی متغیرها مانا هستند.

در مرحله‌ی بعد، رابطه‌ی (۳) را با روش NLS تخمین می‌زنیم. بدین گونه ضرایب برای دو بخش صنعت و کشاورزی تخمین زده می‌شود، که در جدول (۲) آورده شده است.

جدول۲ - نتایج تخمین رابطه‌ی (۳) با روش NLS

ضرایب	بخش کشاورزی		بخش صنعت	
	برآورد	آماره‌ی t	برآورد	آماره‌ی t
ثابت	۰/۷۲۴	۲/۱۵	۰/۷۲۷۱	۲/۱۸
C	۰/۰۳۸	۲/۰۳۵	۰/۰۴۱	۲/۱۰۷
α	۰/۲۵۹	۲/۰۹۴	۰/۲۶۴	۲/۱۰۱
β	۰/۳۴۳	۲/۰۷۳	۰/۳۳۴	۲/۰۶۵
γ	۰/۳۹۸	۲/۰۰۴	۰/۴۰۲	۱/۹۹۱
	$R^2 = ۰/۸۲ \quad \bar{R}^2 = ۰/۷۸$ dw = ۲/۰۱		$\bar{R}^2 = ۰/۸ \quad R^2 = ۰/۸۴$ dw = ۲/۰۴	

برآوردهای انجام گرفته برای دو بخش صنعت و کشاورزی در جدول بالا نشان داده شده، که در هر دو بخش R^2 و $\bar{R}^2$ نسبتاً بالاست، لذا رابطه‌ی (۳) برای دو بخش صنعت و کشاورزی به شرح زیر می‌باشد:

صنعت (۱۰) $$Y = ۰.۷۲۷۱e^{۰/۰۴۱t} K^{۰/۲۶۴} L^{۰/۳۳۴} E^{۰/۴۰۲}$$

کشاورزی (۱۱) $$Y = ۰/۷۲۴e^{۰/۰۳۸t} K^{۰/۲۵۹} L^{۰/۳۴۳} E^{۰/۳۹۸}$$

لذا با در نظر گرفتن، ضرایب برآورد شده در رابطه‌ی (۹)، روابط (۱۲) و (۱۳) حاصل می‌آید:

Archive of SID

www.SID.ir

$$۰/۴۰۲\frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۰/۲۶۴\frac{\dot{y}_k}{y_k} + ۰/۳۳۴\frac{\dot{y}_l}{y_l} - ۰/۰۴۱ \qquad \text{(صنعت) (۱۲)}$$

$$۰/۳۹۸\frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۰/۲۵۹\frac{\dot{y}_k}{y_k} + ۰/۳۴۳\frac{\dot{y}_l}{y_l} - ۰/۰۳۸ \qquad \text{کشاورزی (۱۳)}$$

مطابق رابطه‌ی (۱۲) و (۱۳)، نرخ رشد تکنولوژی برای بخش صنعت ۰/۰۴۱ و برای بخش کشاورزی ۰/۰۳۸ است.

اگر تکنولوژی در بخش صنعت یا کشاورزی رشد کند، چون بهبود تکنولوژی سبب بهبود تولید و افزایش تولید نهایی سرمایه و نیروی کار می‌شود، کارفرمایان میزان به کارگیری سرمایه و نیروی کار را افزایش می‌دهند، لذا ممکن است تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی نیروی کار نیز به اندازه‌ی نرخ رشد تکنولوژی رشد کند، اما این امکان نیز وجود دارد که تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی کار بیش‌تر یا کم‌تر رشد کنند. بنابراین در این‌جا برای ساده سازی و انجام راحت‌تر بررسی، فرض می‌کنیم که در بخش صنعت نرخ رشد تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی نیروی کار برابر با نرخ رشد تکنولوژی باشد، پس در این حالت اگر تکنولوژی به طور متوسط ۰/۰۴۱ رشد کند، تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه نیروی کار نیز به همین اندازه رشد می‌کند و بدین صورت رابطه‌ی (۱۲) به شکل رابطه‌ی (۱۴) در می‌آید و رابطه‌ی (۱۳) با فرض برابر بودن نرخ رشد تکنولوژی (۰/۰۳۸) با نرخ رشد تولید سرانه کار و تولید سرانه‌ی سرمایه، به صورت رابطه‌ی (۱۵) در می‌آید:

$$۰/۴۰۲\frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۰/۲۶۴(\%۴۱) + ۰/۳۳۴(\%۴۱) - \%۴۱ \qquad (۱۴)$$

$$۰/۳۹۸\frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۰/۲۵۹(\%۳۸) + ۰/۳۴۳(\%۳۸) - \%۳۸ \qquad (۱۵)$$

در رابطه‌ی (۱۴)، عبارت ۰/۲۶۴(۰/۰۴۱) +۰/۳۳۴(۰/۰۴۱) نشان می‌دهد که بهبود تکنولوژی منجر به افزایش نرخ رشد تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی نیروی کار

Archive of SID

www.SID.ir

شده، لذا قسمت اول رابطه‌ی (۱۴) شدت مصرف انرژی را افزایش داده است، ولی ۰/۰۴۱ (قسمت دوم رابطه‌ی (۱۴)) کاهنده‌ی شدت مصرف انرژی است. در مورد رابطه‌ی (۱۵) عبارت (۰/۰۳۸)۰/۳۴۳+(۰/۰۳۸)۰/۲۵۹، بیانگر تأثیر بهبود تکنولوژی بر افزایش شدت مصرف انرژی است، ولی عبارت ۰/۰۳۸ کاهنده‌ی شدت مصرف انرژی می‌باشد. حال مقدار این دو عبارت منجر به افزایش یا کاهش نرخ رشد شدت مصرف انرژی می‌شود. از روابط (۱۴) و (۱۵) داریم:

بخش صنعت (۱۶)
$$\frac{\dot{\chi}(t)}{\chi(t)} = -۴/۱\%$$

بخش کشاورزی (۱۷)
$$\frac{\dot{\chi}(t)}{\chi(t)} = -۳/۸\%$$

لذا پیشرفت تکنولوژی، به ترتیب منجر به ۴/۱٪ کاهش نرخ رشد شدت مصرف انرژی در صنعت و ۳/۸٪ کاهش نرخ رشد شدت مصرف انرژی در بخش کشاورزی خواهد شد.

در قسمت قبل فرض کردیم اگر تکنولوژی در بخش صنعت ۰/۰۴۱ رشد کند، تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی نیروی کار نیز همین مقدار رشد می‌کند، اما این امکان نیز وجود دارد که تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی کار بیش‌تر یا کم‌تر رشد کنند، چون بهبود تکنولوژی سبب بهبود تولید و افزایش تولید نهایی سرمایه و نیروی کار شده و کارفرمایان میزان به کارگیری سرمایه و نیروی کار را افزایش می‌دهند. پس بدین صورت بهبود تکنولوژی منجر به افزایش نرخ رشد تولید سرانه‌ی سرمایه و تولید سرانه‌ی نیروی کار می‌شود، که ممکن است برابر با نرخ رشد تکنولوژی نباشد.

لذا به منظور بررسی دقیق‌تر این مسئله به بررسی داده‌های واقعی پرداختیم.

مطابق با داده‌های جمع‌آوری شده (با مراجعه به وزارت نیرو و آمار موجود در ترازنامه‌های بانک مرکزی)، مقدار $\frac{\dot{y}_k}{y_k}$ و $\frac{\dot{y}_l}{y_l}$ در فاصله‌ی سال‌های مورد بررسی به طور متوسط برای بخش صنعت به ترتیب ۰/۰۶۴ و ۰/۰۵۴ و برای بخش کشاورزی ۰/۰۳۱ و ۰/۰۷۲ محاسبه گردید. اگر بخواهیم با توجه به این اعداد، روابط (۱۴) و (۱۵) را حساب

Archive of SID

www.SID.ir

کنیم، روابط (۱۴´) و (۱۵´) حاصل شده و از سویی مقادیر $\frac{\dot{\chi}}{\chi}$ در هر بخش به شرح ذیل به‌دست می‌آید:

صنعت (۱۴´) $\quad ۰/۴۰۲\frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۰/۲۶۴(\%۶۴) + ۰/۳۳۴(\%۵۴) - \%۴۱$

کشاورزی (۱۵´) $\quad ۰/۳۹۸\frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۰/۲۵۹(\%۳۱) + ۰/۳۴۳(\%۷۲) - \%۳۸$

پس روابط (۱۶´) و (۱۷´) به شرح زیر خواهد بود:

بخش صنعت (۱۶´) $\quad \frac{\dot{\chi}}{\chi} = -۱/۵۳\%$

بخش کشاورزی (۱۷´) $\quad \frac{\dot{\chi}}{\chi} = ۱/۳۲\%$

لذا طبق بررسی‌ها و محاسبات انجام گرفته در ایران طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۶، بهبود تکنولوژی منجر به کاهش نرخ رشد مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی و صنعت شده است که روابط (۱۶´) و (۱۷´) به وضوح بیانگر این امر هستند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله از یک تابع تولید کاب داگلاس که در آن نیروی کار، سرمایه و انرژی عوامل تولید بودند، استفاده و در فاصله‌ی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۶ به بررسی اثر بهبود تکنولوژی بر نرخ رشد شدت مصرف انرژی(منظور از انرژی در این مقاله، مصرف نفت، گاز و گازوئیل (سوخت‌های فسیلی) است) در دو بخش صنعت و کشاورزی پرداخته شد.

بررسی‌ها در بخش کشاورزی نشان دادند که بخش بزرگی از صرفه جویی در این بخش مربوط به جایگزینی انرژی برق به جای مصرف گازوئیل بوده است. اما همان‌طور که از روابط (۱۶) و (۱۷) و (۱۶´) و (۱۷´) مشهود است، میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی با پیشرفت تکنولوژی در بخش صنعت بیش‌تر بوده و بهبود تکنولوژی بر شدت مصرف انرژی در صنعت بیش‌تر از کشاورزی مؤثر بوده است، که دلیل آن را نیز به کار گرفتن ماشین‌آلات کارآمدتر در بخش صنعت و وابسته بودن بیش‌تر صنعت به تکنولوژی می‌توان ذکر کرد، به طوری که در کارخانه‌ها و کارگاه‌ها با استفاده بیش‌تر از ماشین‌آلات

Archive of SID

www.SID.ir

جدید میزان مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش خواهد یافت. از طرفی در اینجا ذکر این نکته ضروری است که ما انرژی الکتریکی (برق) و آب را در نظر نگرفتیم، لذا امکان دارد با بهبود تکنولوژی، ماشین‌آلاتی که با برق کار می‌کنند جایگزین ماشین‌آلاتی که با سوخت فسیلی کار می‌کنند شده و منابع سوخت تغیر کند. ولی در این حالت نیز مطمئناً تکنولوژی‌های جدید و روند بهبود تکنولوژی منجر به کارآمدتر بودن ماشین‌آلات و ایجاد صرفه‌جویی‌های فراوان در مصرف انرژی خواهد شد.

فهرست منابع

آرمن سیدعزیز، زارع روح‌اله (۱۳۸۴)، بررسی رابطه‌ی علیت‌گرنجری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران طی سال‌های ۸۱-۱۳۴۶، مجله‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۷ (۲۴)، ۱۴۳-۱۱۷.

آماده حمید، قاضی مرتضی، عباسی فر زهره(۱۳۸۸)، بررسی رابطه‌ی مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، ۴۴ (۸۶)، ۳۸-۱.

بهبودی داوود، متفکر آزاد محمدعلی و خلیل پور افشین (۱۳۸۵)، بررسی رابطه‌ی تقاضای نهایی و واسطه‌ای انرژی با رشد اقتصادی در ایران در دوره‌ی ۸۳-۱۳۴۶، مجله‌ی پژوهش‌نامه‌ی علوم اقتصادی (علوم انسانی و اجتماعی)، ۶ (۲۲)، ۳۶-۱۳.

حسنی صدرآبادی محمدحسین، عمادالاسلام هدیه، کاشمری علّی (۱۳۸۶)، بررسی رابطه‌ی علّی مصرف انرژی، اشتغال و تولید ناخالص داخلی در ایران طی سال‌های ۸۰-۱۳۵۰، پژوهش‌نامه‌ی علوم اقتصادی (علوم انسانی و اجتماعی)، ۷ (۲۴)- ۵۸-۳۱.

هژبر کیانی کامبیز، رنجبری بهزاد (۱۳۸۰)، بررسی رابطه‌ی درازمدت بین نهاده‌های انرژی، کار و سرمایه در بخش کشاورزی، مجله‌ی اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۳۵) ۹، ۶۴-۳۹.

کرباسی عبدالرضا، مستور طهرانی شهره (۱۳۸۵)، کاربرد تجارت الکترونیک در بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، مجله‌ی علوم و تکنولوژی محیط زیست، (۲۸)۸، ۱۸۸-۱۰۶.

Archive of SID

www.SID.ir

سهیلی کیومرث (۱۳۸۲)، آثار پیشرفت تکنولوژی بر تقاضای بلندمدت انـرژی در بخـش کشاورزی به تفکیک حامل و نوع مصرف، چهارمین همایش ملی انرژی.

Berglund, Christer, Soderholm, Patrik, 2006, Modeling technical change in energy system analysis: analyzing the introduction of learning-by-doing in bottom-up energy models. Energy Policy 34(12). 1344-1356.

Chaoqing Yuan, Sifeng Liu, Junlog Wu, 2009, Research on energy–saving effect of technological progress based on Cobb-Douglas production function, Energy Policy 37, 2842-2846.

Ma, Hengyun, Oxley, Les, Gibson, John, Kim, Bonggeun, 2008, China's energy economy: technical change, factor demand and interfactor/interfuel substitution. Energy Economics 30(5), 2167-2183.

Perez-Barahona, Agustin, Zou, Benteng, 2006, A comparative study of energy saving technological progress in a vintage capital mode. Resource and Energy Economics, 28(2), 181-191.

Van Zon, Adriaan, Hakan Yetkiner, 2003, An endogenous growth model with embodied energy –saving technical. Resource and Energy Economics 25(1), 81-103.

Archive of SID

www.SID.ir