

فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی

سال بیست و دوم، شماره ۷۱، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۱۲۴-۱۰۳

## تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران

قهرمان عبدلی

دانشیار اقتصاد دانشگاه تهران

abdoli@ut.ac.ir

زینب ایرانشاهی

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

iranshahi91@gmail.com

تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که تغییرات شدت انرژی با قیمت انرژی رابطه معکوس دارند، همچنین سطوح فناوری می‌توانند شدت انرژی را کاهش دهند. در تحقیق حاضر به بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در تمام صنایع فعال در بورس تهران که اطلاعات مورد نیاز برای انجام این تحقیق در فاصله زمانی (۱۳۸۵-۱۳۹۰) را به‌طور کامل ارائه نموده‌اند در قالب روش پانل دیتا پرداخته شده است. نتایج تحقیق حاضر بیانگر اهمیت بیشتر متغیرهای شدت شبه دارایی‌های ثابت، شدت نیروی کار، شدت سرمایه و شدت مواد اولیه و قیمت این نهادها نسبت به سطح این متغیرها (شبه دارایی‌های ثابت، نیروی کار و سرمایه) در بهبود شدت انرژی در صنایع مختلف کشور است. همچنین با توجه به معنادار شدن ضریب متغیر شبه دارایی‌های ثابت (نشان‌دهنده انباشت سرمایه و تجهیزات تولید که به بهبود کیفیت تولیدات و در نتیجه انرژی‌اندوزی آنها منجر می‌شود) این نتیجه حاصل شده است که افزایش تجهیزات سهم انرژی در تولید را در صنایع مختلف کاهش داده است. همچنین در بررسی میزان کشش سایر نهادها با نهاد انرژی این نتیجه حاصل گردید که رابطه نهاد انرژی با سایر نهادها در اغلب صنایع از نوع رابطه جانشینی است، بنابراین در این صنایع افزایش قیمت انرژی با تغییر قیمت‌های نسبی نهادها می‌تواند موجب جانشینی سایر نهادها به‌جای انرژی و بهبود شدت انرژی گردد.

طبقه‌بندی JEL: C22, E32, E52.

واژه‌های کلیدی: بهبود انرژی، شدت انرژی، پانل دیتا، خلاقیت نوآورانه، جانشینی انرژی.

## ۱. مقدمه

کاهش شدت انرژی ناشی از دلایل است (سو وینگ، ۲۰۰۸):

- افزایش ماشین‌آلات و تجهیزات تولید (انباشت سرمایه) و به تبع آن بهبود کیفیت تولیدات که موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.
- جانشینی انرژی با سایر نهاده‌های تولید که ناشی از تغییر در قیمت‌های نسبی می‌باشد، زیرا افزایش هزینه انرژی انگیزه‌ای برای جایگزینی انرژی با دیگر نهاده‌های تولید محسوب می‌گردد.
- خلاقیت نوآورانه

دو نوع خلاقیت در تکنولوژی وجود دارد. یکی از آنها بهبود خودمختار کارایی انرژی است که AEEI<sup>۱</sup> نامیده می‌شود و دیگری خلاقیت ناشی از قیمت است. خلاقیت نخست از نوع روند زمانی است، به گونه‌ای که در طول زمان و با پیشرفت علم و سالی اختراع شد که شدت مصرف انرژی را کاهش داد و خلاقیت دوم توسط سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه حاصل می‌شود که عامل آن افزایش قیمت انرژی است. شدت انرژی کل چیزی جز مجموع شدت انرژی بنگاه‌های اقتصادی با ویژگی‌های متفاوت نیست، بنابراین عدم توجه به متغیرهای خرد در تعیین شدت انرژی نمی‌تواند قابل توجه باشد (صادقی و سجودی، ۱۳۹۰). به این دلیل در مقاله حاضر عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی (سطح خرد) مورد بررسی قرار گرفته است. مقاله حاضر در ۵ بخش نگاشته شده است. در بخش دوم مبانی نظری، در بخش سوم مبانی تجربی و در بخش چهارم تخمین و نتایج مدل ارائه شده است. در نهایت در بخش پنجم جمع‌بندی و پیشنهادات ارائه شده است.

## ۲. مبانی نظری

شدت انرژی از جمله شاخص‌های معتبر در بررسی کارایی مصرف انرژی می‌باشد که از تقسیم میزان مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی حاصل می‌شود (مقدار انرژی است که برای تولید یک واحد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت مصرف می‌شود) این شاخص برحسب عرضه انرژی اولیه یا مصرف نهایی انرژی محاسبه می‌شود. امروزه در نظریه‌های جدید رشد تولید تابعی از نهاده‌های کار، سرمایه، انرژی و سطح تحقیق و توسعه تلقی می‌شود.

$$Q = f(k, I, E) \quad (1)$$

فرض بر این است که بین میزان استفاده از این نهاده‌ها و سطح تولید رابطه مستقیم وجود دارد و البته مصرف انرژی تابعی معکوس از قیمت آن است. معمول‌ترین توابعی که در تحلیل رفتار تولید واحدهای

صنعتی کاربرد دارند توابع تولید با کشش جایگزینی ثابت می‌باشند که نوعی خاص از آنها تابع تولید کاب-داگلاس (زمانی که  $\alpha + \beta = 1$ ) می‌باشد. نمای ریاضی این تابع به صورت زیر قابل نمایش می‌باشد:

$$q = AX_1^\alpha X_2^\beta \quad (2)$$

در صورتی که تابع تولید کاب-داگلاس را با دو عامل تولید انرژی و مواد اولیه در نظر بگیریم هزینه تولید در تعادل به صورت زیر محاسبه خواهد گردید:

$$C(q, E, M) = qr_q + Er_E + Mr_M \quad (3)$$

که در آن،  $q$  میزان تولید و  $r_q$ ،  $r_M$  و  $r_E$  به ترتیب قیمت تمام شده تولید کالا، قیمت مواد اولیه و انرژی مصرفی در واحد صنعتی می‌باشند.  $E$  و  $M$  نیز نشان‌دهنده میزان مواد اولیه و انرژی مصرفی در واحد صنعتی می‌باشند.  $RTS^1$  نرخ جایگزینی فنی می‌باشد که بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$RTS = - \frac{dx_2}{dx_1} = \frac{f_1}{f_2} \quad (x_1=M, x_2=E) \quad (4)$$

رابطه فوق با توجه به برآورد ضرایب کشش انرژی و مواد اولیه مصرفی به صورت زیر قابل نمایش است:

$$RTS = \frac{\beta}{\alpha} \times \frac{M}{E} \quad (5)$$

بالا بودن نرخ جایگزینی نشان‌دهنده تمایل واحد صنعتی به کاهش مصرف انرژی و جایگزین نمودن آن در تابع تولید با افزایش مصرف مواد اولیه خواهد بود، بنابراین هدفگذاری در این دسته از کارخانجات می‌بایست به نحوی باشد که سیستم‌های فرسوده و انرژی بر با تکنولوژی مدرن‌تر و با شدت مصرف انرژی کمتر جایگزین شوند. کارخانجاتی که نرخ جایگزینی فنی در آنها پایین است در پایین منحنی بی تفاوتی تولید واقع شده‌اند، در نتیجه تمایل جایگزینی عامل انرژی با مواد اولیه مصرفی در آنها کم می‌باشد، بنابراین برای کاهش شدت انرژی در این کارخانجات می‌بایست با ایجاد تنوع بیشتر در نوع و کیفیت محصول تولیدی تمایل جایگزینی انرژی با مواد اولیه را افزایش داد (هومن و همکاران، ۱۳۸۸).

### ۳. پیشینه تحقیق

در بررسی عوامل مؤثر بر بهبود شدت انرژي مطالعات خارجی و داخلی بسیاری انجام شده است. اغلب مطالعات خارجی به دنبال افزایش قیمت انواع حامل‌های انرژي و تغییر شدت انرژي (عمدتاً بهبود شدت انرژي) صورت گرفته و در پی یافتن نحوه تغییر این شاخص بوده‌اند، اما تحقیقات داخلی اکثراً به تجزیه شدت انرژي و بررسی ارتباط این شاخص با متغیرهای کلان پرداخته‌اند. در ادامه، به بررسی برخی پژوهش‌های خارجی و داخلی صورت گرفته در راستای موضوع تحقیق حاضر پرداخته خواهد شد.

سو وینگ (۲۰۰۸) در بررسی خود تحت عنوان "توضیح کاهش شدت انرژي در اقتصاد آمریکا" از یک تابع هزینه متغیر محدود (RVCF)<sup>۱</sup> استفاده نموده و نتیجه می‌گیرد که پیشرفت تکنولوژی طی زمان و جایگزینی بین نهاده‌ها در اثر تغییر قیمت‌های نسبی (ناشی از افزایش قیمت انرژي) در بهبود شدت انرژي مشارکت دارند، اما ابداعات تکنولوژی ناشی از افزایش قیمت انرژي در آمریکا (افزایش R&D) اثری روی آن نداشته است.

آسوزو و اکاگوا (۲۰۰۹) در بررسی خود تحت عنوان "بررسی اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر در بهبود شدت انرژي" با پیروی از روش سو وینگ و به کار بردن تابع هزینه متغیر محدود دلایل بهبود شدت انرژي را در بنگاه‌های صنعتی ژاپن و صنایع فلزی پایه در انگلیس بررسی می‌کند و نتیجه می‌گیرد که جایگزینی بین نهاده‌ها در اثر تغییر قیمت‌های نسبی (ناشی از افزایش قیمت انرژي) در بهبود شدت انرژي تمام صنایع مشارکت دارند. پیشرفت تکنولوژی در طول زمان تأثیر مثبتی بر شدت انرژي در ژاپن داشته، اما اثر آن بر صنعت فلزات پایه در انگلیس منفی بوده و ابداعات تکنولوژی ناشی از افزایش قیمت انرژي (افزایش R&D) اثری مثبت روی بهبود شدت انرژي بر صنعت فلزات پایه در انگلیس داشته است.

ما و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خود با نام "اقتصاد انرژي چین تغییرات فنی و تکنولوژیکی تقاضای عوامل و جانشینی بین عوامل" با استفاده از تابع هزینه ترنسلوگ کشش‌های تقاضای انرژي در اقتصاد چین را تخمین زدند و به این نتیجه دست یافتند که شدت انرژي مصرفی چین به دلیل استفاده فزاینده از تکنولوژی‌های تشدیدکننده مصرف انرژي طی دوره (۲۰۰۴-۱۹۹۵) صعودی می‌باشد.

پاپادوگونز و مایلو ناکیس (۲۰۰۷) بیان می‌کنند که بنگاه‌ها با مخارج تحقیق و توسعه بالاتر به احتمال زیاد دارای تکنولوژی تولید پیشرفته‌تری خواهند بود. با توجه به اینکه استفاده از تکنولوژی تولید پیشرفته از طریق ایجاد کارایی در تولید موجب به کارگیری کمتر نهاده‌ها از جمله انرژي برای تولید یک واحد محصول شده و شدت انرژي را کاهش می‌دهد انتظار می‌رود با افزایش مخارج تحقیق و توسعه شدت انرژي در بنگاه کاهش یابد.

از جمله مطالعات داخلی در سطح خرد می‌توان به مقاله صادقی و سجودی (۱۳۹۰) اشاره نمود. آنها در تحقیقی تحت عنوان "مطالعه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران" به بررسی تجربی رابطه بین شدت انرژی و برخی ویژگی‌های منتخب بنگاه در صنایع کارخانه‌ای ایران پرداختند و با به‌کارگیری نمونه‌ای مقطعی نتیجه گرفتند رابطه مستقیمی بین اندازه بنگاه و شدت انرژی در بنگاه وجود دارد، در حالی که مخارج R&D اثر معناداری بر کاهش شدت انرژی بنگاه نداشته است.

#### ۴. معرفی مدل تحقیق

فرض می‌کنیم تابع تولید یک بنگاه به صورت زیر باشد:

$$Q_i = Q_i(L_i, E_i, M_i, K_i) \quad (6)$$

برای صنایع مختلف  $i=1,2,\dots,N$  هر تولیدکننده دارای تابع هزینه متغیر محدود کوتاه‌مدت  $(RVCF)$   $G_i[p_i, X_i, \dot{X}_i, Y_i, t]$  است که در آن  $P_i$  قیمت ورودی‌های متغیر،  $X_i$  سطح و  $\dot{X}_i$  تغییر دارایی‌های شبه ثابت برای تولید،  $Y_i$  سطح خروجی‌ها و  $t$  زمان است. در واقع، مسئله هر تولیدکننده انتخاب جریانی از دارایی‌های شبه ثابت برای حداقل نمودن ارزش حال هزینه‌هاست (هدف هر تولیدکننده مینیمم‌سازی تابع هزینه زیر برای یافتن مقادیر بهینه نهاده‌ها با استفاده از قضیه پوش<sup>۲</sup> است).

$$\min_{X_i, \dot{X}_i} \int_0^{\infty} e^{-rt} \{G_i[p_i, X_i, \dot{X}_i, Y_i, t] + U_i \cdot X_i\} dt \quad (7)$$

که در آن،  $u_i = ra_i + da_i$  هزینه استفاده از دارایی‌های شبه ثابت در فرایند تولید می‌باشد ( $r$ : نرخ بهره،  $d$ : نرخ استهلاک و  $a_i$  قیمت نرمالیزه شده دارایی‌های شبه ثابت است) با استفاده از دارایی‌های شبه ثابت در فرایند تولید دو نوع هزینه متفاوت به بنگاه تحمیل می‌گردد. هزینه اول بهره‌ای است که به دلیل استفاده از دارایی شبه ثابت از دست می‌دهد ( $ra_i$ ) که به عبارتی در حکم هزینه فرصت دارایی شبه ثابت است و هزینه دوم میزان استهلاکی که با استفاده از دارایی شبه ثابت ایجاد می‌شود ( $da_i$ ).

در تعادل ایستا که در آن  $\dot{X}_i = 0$  دارایی‌های شبه ثابت کاملاً در سطح بهینه بلندمدت خود تنظیم می‌شوند ( $X_i^*$ )، بنابراین راه‌حل مسئله (۷) از طریق شرط تعادل زیر حاصل می‌گردد:

#### 1. Restricted Variable Cost Function

۲. قضیه پوش چگونگی تغییر مقادیر جواب بهینه را در اثر تغییر پارامترها تشریح می‌کند (تغییر در تابع ارزش به‌ازای یک واحد تغییر در یکی از پارامترها را به تابع لانگ‌رانژ متناسب می‌کند).

$$-\frac{\partial G_i [P_i, X_i^*]}{\partial X_i} = r \frac{\partial G_i [P_i, X_i^*]}{\partial \bar{X}_i} + U_i \quad (8)$$

برای یافتن مینیمم رابطه (۷) از آن نسبت به  $X$  (دارایی‌های شبه ثابت) به شرط  $X^*$  مشتق گرفته؛ یعنی اگر دارایی‌های شبه ثابت در سطح بهینه خود تنظیم شده باشند برای مینیمم شدن ارزش حال هزینه‌ها کفایت از  $G$  نسبت به  $X$  مشتق بگیریم). بر اساس تعریف سووینگ (۲۰۰۸) از یک RVCF نرمال شده استفاده می‌کنیم:

$$G_i = P_{Li} L_i + P_{Ei} E_i + P_{Mi} M_i + P_{Ki} K_i \quad (9)$$

تابع هزینه متغیر کوتاه‌مدت (RVCF) بالا را هم نسبت به سطح تولید و هم قیمت نهاده کار یا همان دستمزد نرمالیزه می‌کنیم که به صورت رابطه (۱۰) است و با بسط مرتبه دوم تیلور روی آن رابطه (۱۱) به دست می‌آید:

(۱۰)

$$\begin{aligned} \frac{G_i}{Y_i} &= P_{Li} \frac{L_i}{Y_i} + P_{Ei} \frac{E_i}{Y_i} + P_{Mi} \frac{M_i}{Y_i} + P_{Ki} \frac{K_i}{Y_i} = L_i + P_{Ei} e_i + P_{Mi} m_i + P_{Ki} k_i \\ &= Y_i \left[ \alpha_{0i} + \alpha_{0Ti} t + \sum \alpha_{Vi} P_{Vi} + \frac{1}{2} \sum \alpha_{VVi} P_{Vi}^2 + \sum P_{Vi} t + \sum_{j \neq V} \alpha_{Vji} P_{Vi} P_{ji} \right] \\ &+ \sum \alpha_{Ki} X_{Ki-1} + \frac{1}{2} \sum \alpha_{KKi} \frac{X_{Ki-1}^2}{Y_i} + \sum \alpha_{KTi} X_{Ki-1} t + \sum \sum \alpha_{KVi} X_{Ki-1} P_{Vi} \\ &+ \sum \beta_{Ki} \dot{X}_{Ki-1} + \frac{1}{2} \sum \beta_{KKi} \frac{\dot{X}_{Ki-1}^2}{Y_i} + \sum \beta_{KYi} \dot{X}_{Ki-1} t + \sum \sum \beta_{KVi} \dot{X}_{Ki-1} P_{Vi} + \sum \gamma_{KKi} \frac{X_{Ki-1} \dot{X}_{Ki-1}}{Y_i} \end{aligned} \quad (11)$$

$V_i$ : شاخص نهاده متغیر  $V=(L, E, M, K)$ ;  $P_{Vi}$ : قیمت‌های نهاده‌های متغیر،  $P_{Vi}$ : قیمت‌های نرمال شده نهاده‌های متغیر به دستمزد،  $x, e, m, k, l$ : شدت نهاده‌های تولید،  $t$ : متغیر روند،  $\alpha, \beta, \gamma$ : ضرایب تخمینی،  $X_{Ki-1}$ : دارایی‌های شبه ثابت با یک سال وقفه،  $\dot{X}_{Ki-1}$ : تغییر در دارایی‌های شبه ثابت با یک سال وقفه،  $A_i$ : هزینه‌های تعدیل شده داخلی صنایع  $i=1, \dots, n$  است که با در نظر گرفتن تغییر در نهاده دارایی شبه ثابت ( $\dot{X}_{Ki}$ ) بیان شده است.  $\alpha_i$  نیز هزینه‌های تعدیل شده است که با سطوح تولید نرمالیزه شده است.

$$a_i = \frac{A_i}{Y_i} = \sum \beta_{Ki} \dot{X}_{Ki} + \sum \beta_{KKi} \dot{X}_{Ki}^2 + \sum \beta_{Kti} \dot{X}_{Ki} t + \sum \sum \beta_{KVi} \dot{X}_{Ki} P_{Ki} + \sum \gamma_{KKi} X_{Ki} \dot{X}_{Ki} \quad (12)$$

بر اساس قضیه پوش اگر نهاده دارایی شبه ثابت در سطح بهینه قرار داشته باشد ( $X_{ki}^*$ ) هر دو تغییر در سطوح این مجموعه‌ها ( $\dot{X}_{ki}$ ) و مشتق هزینه نسبت به تغییر دارایی‌های شبه ثابت صفر خواهد بود:

$$\frac{\partial a_i}{\partial \dot{X}_{Ki}} \Big|_{X_{Ki}=\dot{X}_{Ki}^*, \dot{X}_{Ki}} = \sum_K \beta_{Ki} + \sum_K \beta_{Kti} t + \sum_K \sum_V \beta_{KVi} P_{Vi} + \sum_K \gamma_{KKi} X_{Ki}^* = 0 \quad (13)$$

در تخمین مدل فوق برای قرار گرفتن تابع در حد بهینه با محدودیت‌های پارامتری زیر مواجه هستیم:

$$\beta_{Ki} = \beta_{Kti} = \beta_{KVi} = \gamma_{KKi} = 0 \quad (14)$$

توابع تقاضای شرطی که از لم شفارد برای به دست آوردن آنها استفاده خواهیم نمود به شرح زیر است:

$$e_i = \frac{E_i}{Y_i} = \alpha_{Ei} + \alpha_{EEi} P_{Ei} + \alpha_{EMi} P_{Mi} + \alpha_{E\Delta\Delta K} P_{\Delta Ki} + \alpha_{ETi} t + \sum_K \alpha_{EKi} X_{Ki} \quad (15)$$

$$m_i = \frac{M_i}{Y_i} = \alpha_{Mi} + \alpha_{EMi} P_{Ei} + \alpha_{MMi} P_{Mi} + \alpha_{M\Delta\Delta K} P_{\Delta Ki} + \alpha_{MTi} t + \sum_K \alpha_{MKi} X_{Ki} \quad (16)$$

$$k_i = \frac{K_i}{Y_i} = \alpha_{Ki} + \alpha_{EKi} P_{Ei} + \alpha_{MKi} P_{Mi} + \alpha_{KKi} P_{Ki} + \alpha_{KTi} t + \sum_K \alpha_{KKi} X_{Ki} \quad (17)$$

در واقع از رابطه (۱۰) نسبت به  $P_{Vi}$  ها مشتق گرفتیم که با توجه به رابطه (۱۴) خط آخر رابطه (۱۱) کاملاً حذف شده و  $\dot{X}_{Ki}$  در معادلات بالا ظاهر نشده است. تقاضای شرطی نیروی کار را بر اساس رابطه (۱۰) می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

$$l_i = \frac{L_i}{Y_i} = \frac{G_i}{Y_i} - P_{Ei} e_i - P_{Mi} m_i - P_{Ki} k_i \quad (18)$$

$$= \alpha_{0i} + \alpha_{0Ti} t - \frac{1}{2} (\alpha_{EEi} P_{Ei}^2 + 2\alpha_{EMi} P_{Ei} P_{Mi} + \frac{1}{2} \alpha_{MMi} P_{Mi}^2)$$

$$+ \sum_K \alpha_{Ki} X_{Ki} + \frac{1}{2} \sum_K \alpha_{KKi} X_{Ki}^2 + \sum_K \alpha_{KTi} t + \frac{1}{2} \sum_K \beta_{KKi} \dot{X}_{Ki}^2$$

هدف شناخت تأثیرات کوتاه‌مدت تغییرات قیمت و انباشتگی تجهیزات بر شدت مصرف انرژی است. با گرفتن مشتق لگاریتمی از معادله (۱۵) داریم:

$$\frac{\Delta e_i}{e_i} \approx \sum_V \varepsilon_{EVi} \frac{\Delta P_{Vi}}{P_{Vi}} + \varepsilon_{ETi} + \sum_V \eta_{EKi} \frac{\Delta X_{Ki}}{X_{Ki}} \quad (19)$$

کشش کوتاه‌مدت شدت انرژی در پاسخ به قیمت‌های متغیر نهاده از طریق معادله زیر توصیف شده است:

$$\varepsilon_{EVi} = (\partial e_i / \partial P_{Vi}) (e_i / P_{Vi}) = \alpha_{EVi} P_{Vi} / e_i \quad (20)$$

کشش شدت‌های انرژی در پاسخ به تغییر در نهاده‌های شبیه ثابت  $\eta_{KEi}$  با معادله زیر بیان می‌شود:

$$\eta_{KEi} = \left( \frac{\partial e_i}{\partial X_{Ki}} + \sum_K \frac{\partial e_i}{\partial X_{Ki}^*} \frac{\partial X_{Ki}^*}{\partial X_{Ki}} \right) \frac{e_i}{X_{Ki}} = \alpha_{KEi} X_{Ki} / e_i \quad (21)$$

### ۵. معرفی روش تخمین و داده‌ها

استفاده از داده‌های تابلویی (داده‌هایی که در طول زمان و در مقطع زمانی گسترش یافته‌اند) بسیاری از معایب داده‌های مقطعی یا سری زمانی را مرتفع می‌سازد (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). مشکلاتی از قبیل واریانس ناهمسانی و همخطی به وسیله این روش کاهش می‌یابد.

هدف تحقیق حاضر بررسی منابع بهبود کارایی انرژی و بررسی تأثیر تجهیزات و ماشین‌آلات، جایگزینی ناشی از تغییر قیمت نسبی بین نهاده‌های متغیر و خلاقیت فناورانه است. جامعه آماری این پژوهش شامل صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی (۱۳۹۱-۱۳۸۵) می‌باشد. داده‌ها و آمار و اطلاعات جهت تخمین مدل از نرم‌افزار ره‌آورد نوین ۳ (بر حسب قیمت جاری) استخراج شده است. متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر عبارتند از Q: ارزش افزوده تولید صنعت، ASSET: دارایی‌های شبیه ثابت صنعت (معیاری از تغییر ماشین‌آلات و تجهیزات تولید (انباشت سرمایه)، K: سرمایه بنگاه صنعت (عامل تولید)، M: مواد اولیه کاربردی در تولید محصول صنعت (عامل تولید)، L: نیروی کار صنعت (عامل تولید)،  $P_K$ : قیمت عامل سرمایه،  $P_L$ : قیمت نیروی کار،  $P_E$ : قیمت انرژی، MQ: شدت مواد اولیه صنعت، LQ: شدت نیروی کار صنعت، KQ: شدت سرمایه صنعت و ASSETQ: شدت دارایی‌های شبیه ثابت و t متغیر روند است.

برای تعیین مدل بهینه از میان ۳ روش اثر مشترک، اثر ثابت و اثر تصادفی در مدل‌های پانل از آزمون‌های

لیمر و هاسمن استفاده شده است. آماره لیمر و هاسمن پانل شدت انرژی در جدول (۱) ارائه شده است:



جدول ۱. آزمون راستنمایی آثار ثابت و هاسمن در پانل شدت انرژی

| آزمون        | آماره آزمون | درجه آزادی | مقدار آماره | سطح معناداری | نتیجه آزمون          |
|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|----------------------|
| آزمون F لیمر | F           | (۳۵/۲۰۴)   | ۲۹/۱۶       | ۰            | فرضیه صفر رد می‌شود  |
| آزمون هاسمن  | کای دو      | ۱۳         | ۱/۲۴        | ۰/۸۴         | فرضیه صفر رد نمی‌شود |

مأخذ: نتایج تحقیق.

فرضیه صفر در آزمون F لیمر به صورت زیر می‌باشد:

پارامترهای عرض از مبدأ در تمام صنایع (مقاطع) برابر هستند:  $H_0$

پارامترهای عرض از مبدأ در تمام صنایع (مقاطع) برابر نیستند:  $H_1$

با توجه به اینکه فرض صفر آزمون لیمر رد شده تخمین روش در حالت آثار ثابت بر تخمین مدل به روش آثار مشترک در اولویت قرار دارد، در نتیجه از میان روش‌های آثار ثابت و تصادفی یکی را انتخاب می‌نماییم. برای انتخاب میان این دو روش از تست هاسمن کمک خواهیم گرفت. فرضیه صفر در آزمون هاسمن به صورت زیر می‌باشد:

$$H_0: \text{plim}q = \text{plim}(\beta_{F,E} - \beta_{GLS})$$

$$H_1: \text{plim}q \neq \text{plim}(\beta_{F,E} - \beta_{GLS})$$

با توجه به نتایج جدول (۱) فرض صفر قابلیت رد شدن ندارد، در نتیجه تخمین روش در هر دو حالت آثار ثابت و تصادفی ممکن است. ضرایب تخمینی در حالت آثار تصادفی کارایی بیشتری نسبت به حالت آثار ثابت دارد (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون‌های لیمر و هاسمن می‌توان نتیجه گرفت شدت انرژی در صنایع مختلف متفاوت بوده و با توجه به نتایج این آزمون‌ها از روش آثار تصادفی جهت تخمین مدل استفاده شده است. در جدول (۲) نتایج تخمین مدل زیر در حالت آثار تصادفی ارائه شده است:

$$\frac{E}{Q} = \alpha + \beta_1 \text{ASSET} + \beta_2 K + \beta_3 L + \beta_4 M + \beta_5 Q + \beta_6 \text{ASSETQ} + \beta_7 KQ + \beta_8 LQ + \beta_9 MQ \quad (22)$$

$$+ \beta_{10} PL + \beta_{11} PK + \beta_{12} PM + \beta_{13} \text{PASSET} + \beta_{14} PE + \beta_{15} T + \varepsilon_t$$

جدول ۲. آزمون پانل دیتا در حالت آثار تصادفی

| متغیرها                | ضرایب     | انحراف معیار | آماره t   | سطح معناداری |
|------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| C                      | -۳/۵۲۹۷۷۴ | ۱/۵۷۲۴۹۲     | -۲/۲۴۴۷۰۱ | ۰/۰۲۹۳       |
| ASSET?                 | -۰/۲۶۵۹۷۱ | ۰/۱۳۷۵۹۱     | -۱/۹۳۳۰۵۴ | ۰/۰۵۹۰       |
| K?                     | -۰/۴۱۰۵۶۱ | ۰/۱۴۶۳۰۴     | -۲/۸۰۶۲۲۶ | ۰/۰۰۷۲       |
| L?                     | ۰/۰۵۵۸۴۴  | ۰/۰۱۸۹۷۶     | ۲/۹۴۲۸۹۷  | ۰/۰۰۵۰       |
| M?                     | -۰/۹۷۸۶۷۷ | ۰/۰۹۶۴۸۳     | -۱/۰۱۴۳۵۴ | ۰/۰۰۰۰       |
| Q?                     | -۰/۰۹۴۵۷۸ | ۰/۰۳۵۲۴۰     | ۸/۲۵۴۱۸۰  | ۰/۰۰۰۰       |
| ASSETQ?                | -۴/۳۳۳۶۶۳ | ۱/۵۳۰۱۹۲     | -۲/۸۳۲۱۰۳ | ۰/۰۰۵۹       |
| KQ?                    | -۳/۲۵۶۴۴۴ | ۱/۱۷۶۷۱۳     | -۲/۷۶۷۴۰۶ | ۰/۰۰۷۰       |
| LQ?                    | ۵/۹۸۵۶۹۸  | ۱/۸۱۵۱۳۵     | ۳/۲۹۷۶۶۰  | ۰/۰۰۱۵       |
| MQ?                    | -۳/۱۳۹۴۳۲ | ۱/۱۸۳۱۵۲     | -۲/۶۵۳۴۴۷ | ۰/۰۰۹۶       |
| PL?                    | ۱/۵۶۷۶۸۰  | ۰/۷۶۷۵۹۲     | ۲/۰۴۲۳۳۵  | ۰/۰۴۴۵       |
| PK?                    | ۰/۶۰۶۷۷۰  | ۰/۲۷۸۲۲۶     | ۲/۱۸۰۸۵۴  | ۰/۰۳۲۲       |
| PM?                    | ۰/۹۰۸۲۱۸  | ۰/۳۳۱۷۷۰     | ۲/۷۳۷۴۹۶  | ۰/۰۰۷۶       |
| PASSET?                | ۰/۱۹۹۶۰۶  | ۰/۵۰۸۳۰۱     | ۰/۳۹۲۶۹۲  | ۰/۶۹۵۶       |
| PE?                    | -۰/۲۶۰۱۲۸ | ۰/۱۱۶۹۰۹     | -۲/۱۹۹۲۵۳ | ۰/۰۵۳۴       |
| T                      | -۰/۹۵۴۹۲۵ | ۰/۱۲۹۱۲۶     | -۷/۳۹۵۲۷۴ | ۰/۰۰۰۰       |
| Random Effects (Cross) |           |              |           |              |
| _FANIMOHANDSI--C       | -۸۲۵۷۴/۸۳ |              |           |              |
| _ANBOHSAZI--C          | -۴۹۹۲/۳۶۸ |              |           |              |
| _MOBLMAN--C            | ۱۷۹۳۶/۸۷  |              |           |              |
| _SAERMADEN--C          | ۱۵۲۷۰/۴۹  |              |           |              |
| _GZAE--C               | ۲۰۹۴۴/۰۱  |              |           |              |
| _HAMLVNAGL--C          | -۸۲۹۴/۲۱۸ |              |           |              |
| _ZOGALSANG--C          | -۱۲۲۹/۳۸۰ |              |           |              |
| _FARAVARDENAFTI--C     | -۲۱۶۵۲/۲۸ |              |           |              |
| _CHOBI--C              | -۷۰۶/۸۹۳۴ |              |           |              |
| _SAERMALI--C           | ۷۰۱۲/۰۲۶  |              |           |              |
| _PAEMANKARSANATI--C    | ۱۴۴۴/۳۶۰  |              |           |              |
| _CHARM--C              | ۱۵۰۳۲/۲۸  |              |           |              |
| _GANDVSHKAR--C         | ۱۲۰۶۷/۷۶  |              |           |              |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| _SARMAEGOZARE--C      | ۱۲۵۶۶/۱۱  |
| _CHANDRESHTHSANATI--C | ۱۷۱۷۵/۹۵  |
| _KASHVSRAMIC--C       | -۸۲۵۷۴/۸۳ |
| _SAERHAMLVNAGL--C     | ۱۰۸۱۳/۴۴  |
| _KAGZ--C              | ۲۵۲۳/۹۵۸  |
| _VASAELARTBATI--C     | ۴۶۱۰/۱۴۴  |
| _BANK--C              | ۷۹۱۵۱/۰۸  |
| _LASTICVPLASTIC--C    | ۴۰۰۹/۸۴۷  |
| _FLZATASASI--C        | -۳۵۲۲۱/۲۲ |
| _MASOLATFLZI--C       | ۲۷۸۸/۶۳۵  |
| _MACHINALAT--C        | ۳۰۹۳/۵۴۴  |
| _KANIGERFLZI--C       | ۳۳۱۸/۵۴۳  |
| _KHODRO--C            | ۴۱۵/۱۱۹۲  |
| _ABZARPZSHKI--C       | ۲۲۶۶/۶۲   |
| _SEMAN--C             | -۳۴۴۱/۲۰۱ |
| _CHAP--C              | ۲۴۲۹/۴۸۵  |
| _DASTGAHBARGI--C      | -۸۰۹/۴۱۸۲ |
| _KANEFLZI--C          | -۴۰۷۵۴/۲۲ |
| _MANSOJAT--C          | ۳۳۳۴/۱۳   |
| _DARO—C               | ۵۱۰/۰۲۶۳  |
| _RAEANA--C            | ۱۷/۹۷/۰۲۴ |
| _ZRAET--C             | -۵۱۳۱/۴۶۶ |
| _SHEMIAI--C           | -۹۹۲۳/۸۰۹ |

در ادامه، با تخمین تابع هزینه متغیر محدود بر اساس رابطه (۱۵) اقدام به محاسبه تابع مخارج نموده‌ایم، همچنین بر اساس رابطه (۲۰) و با به‌کاربردن لم شفارد اقدام به محاسبه کشش‌های قیمتی مستقیم و متقاطع شدت انرژی با شدت سایر نهاده‌های تولید نموده‌ایم. در نهایت، بر اساس رابطه (۲۱) میزان کشش شدت دارایی‌های شبه ثابت محاسبه شده است. نتایج محاسبات فوق در جدول (۱) در پیوست ارائه شده است.

جمع‌بندی نتایج جدول (۱) در پیوست در جدول (۳) ارائه شده است. بر اساس نتایج مشاهده می‌گردد که کشش قیمتی انرژی در اغلب صنایع منفی بوده و بسته به اهمیت انرژی در این صنایع میزان کشش قیمتی نهاده‌های انرژی متفاوت به‌دست آمده است.<sup>۱</sup> در بررسی کشش متقاطع بین نهاده انرژی و سایر نهاده‌های تولید بسته به علامت این نوع کشش مکمل یا جانشین بودن نهاده انرژی با این نهاده را می‌توان نتیجه گرفت.<sup>۲</sup>

۱. هر اندازه میزان عددی کشش قیمتی از صفر بزرگتر باشد حساسیت تولید صنعت مذکور به نهاده انرژی بیشتر خواهد بود.  
 ۲. در صناعی که کشش متقاطع مثبت بین نهاده انرژی و سایر نهاده به‌دست آمده باشد نوع رابطه بین نهاده انرژی با نهاده مذکور جانشینی و در صورتی که علامت کشش متقاطع منفی به‌دست آمده باشد رابطه مذکور از نوع مکملی است.

جدول ۳. بررسی رابطه شدت نهاده انرژی با سایر نهاده‌های تولید

| نام صنعت         | کشش قیمتی انرژی | کشش متقاطع انرژی با نیروی کار | کشش متقاطع انرژی با سرمایه | کشش متقاطع انرژی با دارایی شبه ثابت | کشش قیمتی انرژی |
|------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| فنی و مهندسی     | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| انبوه‌سازی       | منفی            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| غذایی بجز قند    | منفی            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| حمل و نقل        | منفی            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| ذغال سنگ         | منفی            | مثبت                          | منفی                       | منفی                                | مثبت            |
| فرآورده‌های نفتی | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| محصولات چوبی     | منفی            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| سایر مالی        | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| پیمانکاری صنعتی  | مثبت            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| محصولات چرمی     | منفی            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| قند و شکر        | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | منفی                                | مثبت            |
| سرمایه گذاری‌ها  | منفی            | منفی                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| چند رشته صنعتی   | منفی            | مثبت                          | منفی                       | مثبت                                | منفی            |
| کاشی و سرامیک    | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| وسایل ارتباطی    | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | منفی                                | مثبت            |
| نهاده‌های پولی   | مثبت            | مثبت                          | مثبت                       | منفی                                | مثبت            |
| لاستیک           | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | مثبت                                | منفی            |
| فلزات اساسی      | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | منفی                                | مثبت            |
| محصولات فلزی     | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | منفی                                | منفی            |
| ماشین آلات       | مثبت            | مثبت                          | منفی                       | منفی                                | مثبت            |
| کانی غیر فلزی    | منفی            | مثبت                          | منفی                       | مثبت                                | منفی            |
| خودرو و قطعات    | منفی            | مثبت                          | مثبت                       | منفی                                | مثبت            |

\* منظور از صنعت سایر مالی شرکت‌های سر. ایساتیس پویا، سر. بانک مسکن، سر. پارس آریان، سر. توسعه و عمران استان کرمان، سر. خوارزمی، سر. صندوق بازنشستگی کارکنان بانک‌ها، سر. فلات ایرانیان، گسترش سرمایه گذاری ایرانیان، نیرو سرمایه می‌باشد. مأخذ: نتایج تحقیق.

## ۶. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

- افزایش تجهیزات تولید سهم انرژی در تولید را در صنایع کاهش داده است. افزایش هر واحد در متغیر داری‌های شبه ثابت موجب تغییر ۰/۲۶- واحد در شاخص شدت مصرف انرژی شده است.
- میزان سرمایه صنایع تأثیر منفی بر شاخص شدت انرژی داشته است. افزایش هر واحد در متغیر سرمایه موجب تغییر ۰/۴۱- واحد در شاخص شدت مصرف انرژی شده است.
- رابطه عامل تولید نیروی انسانی با انرژی به صورت مستقیم به دست آمده است افزایش هر واحد (۱۰۰۰۰ نفری) در متغیر نیروی انسانی موجب تغییر ۰/۰۵ واحد در شاخص شدت انرژی شده است.
- رابطه مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی به دست آمده است. افزایش هر واحد در متغیر مواد اولیه موجب تغییر ۰/۹۷- واحد شاخص شدت مصرف انرژی شده است.
- رابطه شدت نهاده مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی شده که بیانگر نوع رابطه جانشینی مابین این دو نهاده است. افزایش هر واحد در متغیر شدت نهاده مواد اولیه موجب تغییر ۳/۱۳۹- واحدی در مصرف انرژی گردیده است.
- با افزایش ارزش افزوده صنعت مصرف انرژی کاهش یافته است. این امر ناشی از نوع رابطه ریاضی بین ارزش افزوده، انرژی و شاخص شدت انرژی است. افزایش هر واحد در متغیر ارزش افزوده موجب تغییر ۰/۰۹ واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- ضریب متغیر شدت شبه داری‌های ثابت که نشان‌دهنده شدت انباشت سرمایه است موجب کاهش در شاخص شدت انرژی شده است. افزایش هر واحد در متغیر شدت شبه داری‌های ثابت موجب تغییر ۴/۳۳- واحدی در مصرف انرژی گردیده است.
- رابطه شدت نهاده سرمایه با شدت انرژی منفی شده است که بیانگر آن است که هر قدر شدت استفاده از نهاده سرمایه در تولید افزایش یابد شدت استفاده از انرژی در تولید کاهش می‌یابد. افزایش هر واحد در متغیر شدت نهاده سرمایه موجب تغییر ۳/۲۵- واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- رابطه شدت نهاده نیروی کار با شاخص شدت انرژی مثبت شده است؛ یعنی هر قدر شدت استفاده از نهاده نیروی انسانی در تولید افزایش یابد شدت استفاده از انرژی در تولید افزایش می‌یابد. افزایش هر واحد در شدت نهاده نیروی کار موجب تغییر ۵/۹۸ واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.
- رابطه شدت نهاده مواد اولیه با شاخص شدت انرژی منفی شده است؛ یعنی هر قدر شدت استفاده از نهاده مواد اولیه در تولید افزایش یابد شدت استفاده از انرژی در تولید کاهش می‌یابد. افزایش هر واحد در متغیر شدت نهاده مواد اولیه موجب تغییر ۳/۱۳- واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.

- با توجه به علامت ضریب روند، روند مصرف انرژی در کشور طی زمان بهبود یافته است.

- تأثیر قیمت نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و دارایی‌های شبه ثابت در روش اثرات تصادفی مثبت شده است، به این معنا که با افزایش قیمت این نهاده‌ها مصرف انرژی افزایش یافته و سهم این عامل در تولید کاهش می‌یابد. نهاده‌های مذکور رابطه جانشینی با شدت نهاده انرژی دارند.<sup>۱</sup> افزایش هر واحد در متغیر قیمت نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و دارایی‌های شبه ثابت به ترتیب موجب تغییر ۱/۵۶، ۰/۶، ۰/۹ و ۰/۱۹ مثبت در شاخص شدت مصرف انرژی شده است. شایان ذکر است افزایش قیمت انرژی موجب کاهش سطح مصرف انرژی شده است. به عبارتی با افزایش قیمت انرژی به دلیل تغییر در قیمت‌های نسبی عوامل تولید بنگاه‌های تولیدی تمایل دارند که سایر نهاده‌ها را جانشین نهاده انرژی نمایند. افزایش هر واحد در متغیر قیمت انرژی موجب تغییر ۰/۲۶- واحدی در مصرف انرژی می‌گردد.

- در یک جمع‌بندی کلی مشاهده می‌شود شدت مصرف نهاده‌ها نسبت به قیمت نهاده‌ها و میزان مصرف نهاده‌ها در سطح از اهمیت نسبی بالاتری در کاهش شدت مصرف انرژی برخوردار است. در نهایت با توجه به نتایج تحقیق اقدام به ارائه پیشنهادات سیاستی خواهیم نمود:

- لازم است سیاستگذاران با توجه به وضعیت موجود در هر صنعت اقدام به اخذ تصمیمات متناسب با شرایط و وضعیت آن صنعت بنمایند و از نوشتن نسخه کلی برای تمام صنایع خودداری نمایند.

- بر اساس نتایج تحقیق که بسیاری از صنایع با افزایش مصرف انرژی در طول دوره مورد بررسی مواجه بوده‌اند و با توجه به وابستگی بالایی که میان ارزش افزوده صنایع با عامل انرژی وجود دارد سیاست‌هایی مانند هدفمندی یارانه‌های انرژی می‌تواند به شدت ارزش افزوده صنایع را تحت تأثیر قرار دهد، در نتیجه اجرای این سیاست اثر منفی بر رشد ارزش افزوده صنایع مختلف خواهد داشت. در این راستا، لازم است سیاستگذاران اجرای هدفمندی در یارانه‌ها بیشتر انرژی را در حامل‌های انرژی قرار دهند که در صنعت کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند تا کمترین کاهش در ارزش افزوده حاصل گردد.

۱. اگر تابع تخمینی به صورت  $q = f(p_1, p_k, I)$  باشد ضرایب متغیرهای قیمت و درآمد نشان‌دهنده کشش‌های قیمتی و درآمدی می‌باشند، اما اگر تابع تخمینی به صورت  $p = f(q_1, q_k, I)$  باشد ضرایب متغیرهای مقادیر مصرفی و درآمد نشان‌دهنده کشش‌های قیمتی و درآمدی می‌باشند. در تحقیق حاضر از تابع نوع اول استفاده شده است.

## منابع

- اسماعیل‌نیا، علی اصغر (۱۳۸۴)، بررسی تأثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا (قیمتی و غیرقیمتی) بر صرفه‌جویی مصرف انرژی در کشور، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- اشرف‌زاده، حمیدرضا و نادر مهرگان (۱۳۸۷)، اقتصادسنجی پانل دیتا، نشر مؤسسه تحقیقات تعاون دانشگاه تهران.
- الزاملی، محمدرضا (۱۳۸۶)، "بررسی قیمت مصوب سیمان متوسط قیمت بازار برای مصرف‌کننده و حاشیه سود کلان با نگاهی به وضعیت عرضه و تقاضا"، دفتر مطالعات زیربنایی گروه صنایع و معادن.
- برانسون (۱۳۸۷)، اقتصاد کلان و سیاست‌ها، ترجمه عباس شاکری، نشر نی.
- توازن‌نامه انرژی، سال‌های مختلف.
- حیدری، ابراهیم و حسین صادقی (۱۳۸۲)، تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران، پایان‌نامه دکترای علوم اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس.
- دهقان‌شبابی، زهرا (۱۳۸۵)، تجزیه شدت انرژی در صنایع کشور طی دوره زمانی (۱۳۸۴-۱۳۷۴)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.
- صادقی، سیدکمال و سکینه سجودی (۱۳۹۰)، "مطالعه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران"، مطالعات اقتصاد انرژی، تابستان، صص ۱۸۰-۱۶۳.
- فرزانه، هومن و همکاران (۱۳۸۸)، "تدوین استراتژی مدیریت توزیع یارانه‌های انرژی در صنایع به‌شدت انرژی‌بر"، هفتمین همایش ملی انرژی.
- فانسی‌نژاد، مهدی (۱۳۸۴)، بررسی تغییرات شدت انرژی در بخش ریلی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.
- ملکی، عباس (۱۳۹۰)، گزارش سیاستگذاری انرژی، دانشگاه صنعتی شریف.
- Azusa, Okagawa (2008), "Econometric Analysis of Key Factors Contributing to Energy Intensity Improvement", *Resource and Energy Economics*, Vol. 34, PP. 40-72.
- Bhattacharyya, S. C. & A. U. Assamee (2005), "Changes in Energy Intensities of Thai Industry between (2000-1981): A Decomposition Analysis", *Energy Policy*, Vol. 33, PP. 995-2008.
- Cornillie, J. & S. Fankhauser (2004), "The Energy Intensity of Transition Countries", *Energy Economics*, Vol. 26, PP. 283-295.
- Kumar, A. (2003), Energy Intensity: A Quantitative Exploration for Indian Manufacturing, SSRN Paper No. 468440.
- Lescaroux, F. (2008), "Decomposition of US Manufacturing Energy Intensity and Elasticities of Components with Respect to Energy Prices", *Energy Economics*, Vol. 30, PP. 1068-1080.
- Ma, Hengyun, Oxley, Les, Gibson, John & Kim Boggeun (2008), "China's Energy Economy: Technical Change, Factor Demand and Interfactor/Interfuel Substitution", *Energy Economics*, Vol. 30, No. 5.
- Markandya, A., Pedroso, S. & D. Streimikiene (2006), "Energy Intensity in Transition Economies: Is There Convergence Towards the EU Average?", *Energy Economics*, Vol. 28, PP. 121-145.



**Papadogonas, T., Mylonakis, J. & Demosthenes Georgopoulos** (2007), "Energy Consumption and Firm Characteristics in the Hellenic Manufacturing Sector", *International Journal of Energy Technology and Policy*, Vol. 5, No. 1, PP. 89-96.

**Sahu, Santosh & K. Narayanan** (2009), "Determinants of Energy Intensity: A Preliminary Investigation of Indian Manufacturing Industries", Paper Presented in the 44th Annual Conference of the Indian Econometrics Society, At Guwahati University, Assam, India & Available at <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/16606>.

**Sahu, Santosh & K. Narayanan** (2009), "Determinants of Energy Intensity in Indian Manufacturing Industries: A Firm Level Analysis", MPRA Paper No. 21646.

**Sue Wing, I.** (2008), "Explaining the Declining Energy Intensity of the U.S. Economy", *Resource and Energy Economics*, Vol. 30, PP. 9-21

**Vanden, K. F. Jeferson, G. H., Hangmei, L. & T. Quan** (2002), "What is Driving China's Decline in Energy Intensity", [Weber.ucsd.edu/carsonvs/papers/787.pdf](http://Weber.ucsd.edu/carsonvs/papers/787.pdf).

پیوست

جدول ۱. محاسبه کشش شدت نهاده انرژی با شدت سایر نهاده‌های تولید در پانل دو طرفه صنایع مختلف

| نام متغیر          | ضریب   | نام صنعت                         | نام متغیر          | ضریب   |
|--------------------|--------|----------------------------------|--------------------|--------|
| $\alpha_0$         | -۰/۱۴۰ | فنی و مهندسی                     | $\alpha_0$         | -۰/۲۳۶ |
| $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۴۰ |                                  | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۷۸ |
| $\alpha_{EM}$      | -۰/۱۶۳ |                                  | $\alpha_{EM}$      | ۰/۰۴۸  |
| $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۰۸  |                                  | $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۳۳ |
| $\alpha_{EK}$      | ۰/۳۳۸  |                                  | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۷۹  |
| $\alpha_{EA}$      | ۰/۰۱۱  |                                  | $\alpha_{EA}$      | ۰/۴۷۵  |
| $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۰۰۲ |                                  | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۲۸۳ |
| $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۷۵۳ |                                  | $\varepsilon_{EM}$ | ۱/۳۳۱  |
| $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۷۲۰  |                                  | $\varepsilon_{EL}$ | ۳/۵۴۴  |
| $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۱۷۳  |                                  | $\varepsilon_{EK}$ | -۱/۲۵۵ |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۲۰۸  | $\varepsilon_{EA}$               | ۰/۴۵۹              |        |
| $\alpha_0$         | -۰/۱۹۹ | حمل و نقل و انبارداری و ارتباطات | $\alpha_0$         | -۰/۳۷۳ |
| $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۷۱ |                                  | $\alpha_{EE}$      | -۰/۱۳۴ |
| $\alpha_{EM}$      | ۰/۰۳۳  |                                  | $\alpha_{EM}$      | ۰/۰۰۲  |
| $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۰۷ |                                  | $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۱۲ |
| $\alpha_{EK}$      | ۰/۶۹۳  |                                  | $\alpha_{EK}$      | ۲/۹۳۸  |
| $\alpha_{EA}$      | ۰/۱۲۶  |                                  | $\alpha_{EA}$      | ۰/۲۶۸  |
| $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۲۸۶ |                                  | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۰۲۱ |
| $\varepsilon_{EM}$ | ۱/۰۲۳  |                                  | $\varepsilon_{EM}$ | ۱/۲۱۳  |
| $\varepsilon_{EL}$ | -۰/۵۱۹ |                                  | $\varepsilon_{EL}$ | -۰/۴۲۵ |
| $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۳۴۴  |                                  | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۸۶۵  |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۳۸۸  | $\varepsilon_{EA}$               | ۰/۱۰۳              |        |
| $\alpha_0$         | -۰/۰۸۷ | ذغال سنگ                         | $\alpha_0$         | ۰/۱۰۰  |
| $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۳۲ |                                  | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۷۱ |
| $\alpha_{EM}$      | -۰/۰۳۹ |                                  | $\alpha_{EM}$      | ۰/۰۹۵  |
| $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۴۰  |                                  | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۰۵  |
| $\alpha_{EK}$      | -۰/۰۳۵ |                                  | $\alpha_{EK}$      | ۰/۸۹۸  |
| $\alpha_{EA}$      | ۱/۱۱۳  |                                  | $\alpha_{EA}$      | -۰/۶۰۸ |
| $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۳۲۹ |                                  | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۳۹۰ |
| $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۷۷۸ |                                  | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۷۵۰  |
| $\varepsilon_{EL}$ | ۲/۲۶۶  |                                  | $\varepsilon_{EL}$ | ۱/۰۶۱  |
| $\varepsilon_{EK}$ | -۲/۷۷۷ |                                  | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۵۰۰  |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۹/۰۲۷  | $\varepsilon_{EA}$               | -۲/۱۷۸             |        |

ادامه جدول ۱.

|                    |                    |                    |                 |                    |        |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------|
| محصولات چوبی       | $\alpha_0$         | ۰/۰۰۸              | سایر مالی       | $\alpha_0$         | -۰/۲۱۳ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۶۱             |                 | $\alpha_{EE}$      | -۰/۲۹۸ |
|                    | $\alpha_{EM}$      | ۰/۰۵۳              |                 | $\alpha_{EM}$      | ۰/۲۰۷  |
|                    | $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۱۷             |                 | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۱۱  |
|                    | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۰۲              |                 | $\alpha_{EK}$      | ۱/۸۸۰  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | -۰/۸۰۸             |                 | $\alpha_{EA}$      | ۰/۲۵۹  |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۰۲۲             |                 | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۴۹۱ |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۴۰۱              |                 | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۳۳۳  |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | -۰/۲۱۲             |                 | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۶۹۷  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۱۰۴              |                 | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۱۶۵  |
| $\varepsilon_{EA}$ | -۰/۷۸۸             | $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۶۹۰           |                    |        |
| پیمانکار صنعتی     | $\alpha_0$         | ۰/۱۳۳              | محصولات چرمی    | $\alpha_0$         | -۰/۱۹۴ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | ۰/۰۶۸              |                 | $\alpha_{EE}$      | -۰/۱۲۳ |
|                    | $\alpha_{EM}$      | ۰/۱۸۵              |                 | $\alpha_{EM}$      | ۰/۲۳۲  |
|                    | $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۲۳             |                 | $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۵۹ |
|                    | $\alpha_{EK}$      | ۰/۱۹۳              |                 | $\alpha_{EK}$      | ۰/۲۴۴  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | -۰/۰۹۲             |                 | $\alpha_{EA}$      | ۰/۹۰۴  |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۱۴۲             |                 | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۳۵۰ |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۲۷۴              |                 | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۰۳۲  |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۶۴۵              |                 | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۱۵۳  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۹۰۱              |                 | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۶۹۳  |
| $\varepsilon_{EA}$ | -۰/۱۵۳             | $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۸۴۵           |                    |        |
| قند و شکر          | $\alpha_0$         | -۰/۱۵۹             | سرمایه گذاری‌ها | $\alpha_0$         | -۰/۰۶۳ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۱۱             |                 | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۳۹ |
|                    | $\alpha_{EM}$      | -۰/۰۶۹             |                 | $\alpha_{EM}$      | ۰/۱۴۲  |
|                    | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۸۸              |                 | $\alpha_{EL}$      | -۰/۰۰۴ |
|                    | $\alpha_{EK}$      | ۱/۰۶۸              |                 | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۲۸  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | ۰/۲۸۲              |                 | $\alpha_{EA}$      | -۰/۰۴۸ |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۳۸۴             |                 | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۴۷۲ |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۸۱۴             |                 | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۰۲۳  |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۱/۳۲۸              |                 | $\varepsilon_{EL}$ | -۰/۰۳۲ |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۲۷۷              |                 | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۶۰۱  |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۳۱۵              | $\varepsilon_{EA}$ | -۰/۰۹۴          |                    |        |

ادامه جدول ۱.

|                    |                    |                    |                        |                    |        |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------|
| چند رشته‌ای صنعتی  | $\alpha_0$         | ۰/۱۷۸              | کاشی و سرامیک          | $\alpha_0$         | -۰/۱۷۶ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۹۵             |                        | $\alpha_{EE}$      | -۰/۴۰۵ |
|                    | $\alpha_{EM}$      | -۰/۰۶۴             |                        | $\alpha_{EM}$      | ۰/۱۵۰  |
|                    | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۰۸              |                        | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۵۳  |
|                    | $\alpha_{EK}$      | -۰/۱۰۱             |                        | $\alpha_{EK}$      | ۱/۵۶۰  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | ۰/۳۰۱              |                        | $\alpha_{EA}$      | -۰/۸۶۱ |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۴۲۰             |                        | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۵۱۲ |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۲۵۹             |                        | $\varepsilon_{EM}$ | ۱/۰۸۵  |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۵۴۹              |                        | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۱۴۰  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | -۰/۶۰۱             |                        | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۳۵۵  |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۳۵۲              | $\varepsilon_{EA}$ | -۰/۰۴۴                 |                    |        |
| وسایل ارتباطی      | $\alpha_0$         | -۰/۰۵۷             | بانک‌ها و نهادهای پولی | $\alpha_0$         | -۰/۲۳۴ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۱۳۵             |                        | $\alpha_{EE}$      | ۰/۰۹۰  |
|                    | $\alpha_{EM}$      | -۰/۰۱۲             |                        | $\alpha_{EM}$      | -۰/۲۳۰ |
|                    | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۱۸              |                        | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۱۰  |
|                    | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۰۷              |                        | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۹۶  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | ۰/۶۰۷              |                        | $\alpha_{EA}$      | -۰/۱۳۱ |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۱/۱۵۶             |                        | $\varepsilon_{EE}$ | ۰/۶۷۸  |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۵۲۱             |                        | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۷۲۹ |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۱/۲۳۳              |                        | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۶۵۲  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۱/۴۷۴              |                        | $\varepsilon_{EK}$ | ۱/۴۷۲  |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۴۲۴              | $\varepsilon_{EA}$ | -۱/۱۵۰                 |                    |        |
| لاستیک و پلاستیک   | $\alpha_0$         | ۰/۳۰۵              | فلزات اساسی            | $\alpha_0$         | -۰/۲۳۱ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۱۶۳             |                        | $\alpha_{EE}$      | -۰/۱۲۰ |
|                    | $\alpha_{EM}$      | ۰/۲۹۷              |                        | $\alpha_{EM}$      | -۰/۱۵۷ |
|                    | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۷۹              |                        | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۲۰  |
|                    | $\alpha_{EK}$      | ۰/۲۹۷              |                        | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۱۹  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | ۰/۵۴۸              |                        | $\alpha_{EA}$      | ۰/۰۰۶  |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۰۴۳             |                        | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۱۷۲ |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | ۰/۶۶۳              |                        | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۲۳۱ |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۱/۵۷۱              |                        | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۸۳۳  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۴۵۰              |                        | $\varepsilon_{EK}$ | ۱/۴۴۰  |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۳۴۵              | $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۳۲۶                  |                    |        |

ادمه جدول ۱.

|                    |                    |                    |                         |                    |        |
|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------|
| محصولات فلزی       | $\alpha_0$         | ۰/۰۷۶              | ماشین آلات و<br>تجهیزات | $\alpha_0$         | -۰/۱۳۹ |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۱۹۵             |                         | $\alpha_{EE}$      | ۰/۰۷۱  |
|                    | $\alpha_{EM}$      | -۰/۰۴۸             |                         | $\alpha_{EM}$      | -۰/۱۵۰ |
|                    | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۲۶              |                         | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۰۹  |
|                    | $\alpha_{EK}$      | ۰/۰۳۸              |                         | $\alpha_{EK}$      | -۰/۳۵۵ |
|                    | $\alpha_{EA}$      | ۰/۰۷۹              |                         | $\alpha_{EA}$      | ۰/۱۸۷  |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۰/۳۶۰             |                         | $\varepsilon_{EE}$ | ۱/۰۳۶  |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۷۸۸             |                         | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۷۷۴ |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۴۵۳              |                         | $\varepsilon_{EL}$ | ۱/۴۲۹  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۱۱۸              |                         | $\varepsilon_{EK}$ | -۰/۲۹۲ |
| $\varepsilon_{EA}$ | ۰/۹۹۸              | $\varepsilon_{EA}$ | ۱/۰۱۸                   |                    |        |
| کانی غیر فلزی      | $\alpha_0$         | -۰/۱۷۸             | خودرو و قطعات           | $\alpha_0$         | ۰/۲۲۹  |
|                    | $\alpha_{EE}$      | -۰/۰۴۹             |                         | $\alpha_{EE}$      | -۰/۲۲۰ |
|                    | $\alpha_{EM}$      | ۰/۰۶۸              |                         | $\alpha_{EM}$      | -۰/۲۱۸ |
|                    | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۱۴              |                         | $\alpha_{EL}$      | ۰/۰۱۹  |
|                    | $\alpha_{EK}$      | -۰/۰۵۹             |                         | $\alpha_{EK}$      | ۱/۱۸۶  |
|                    | $\alpha_{EA}$      | -۰/۳۷۴             |                         | $\alpha_{EA}$      | ۰/۰۹۷  |
|                    | $\varepsilon_{EE}$ | -۲/۲۴۷             |                         | $\varepsilon_{EE}$ | ۰/۰۱۳  |
|                    | $\varepsilon_{EM}$ | ۱/۹۷۴              |                         | $\varepsilon_{EM}$ | -۰/۲۰۳ |
|                    | $\varepsilon_{EL}$ | ۱/۷۶۲              |                         | $\varepsilon_{EL}$ | ۰/۱۹۰  |
|                    | $\varepsilon_{EK}$ | ۱/۰۶۸              |                         | $\varepsilon_{EK}$ | ۰/۳۸۲  |
| $\varepsilon_{EA}$ | -۱/۱۵۵             | $\varepsilon_{EA}$ | ۱/۴۶۳                   |                    |        |

مأخذ: نتایج تحقیق.

