

تحلیل پویای تقاضای نهاده‌ی انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران*

علیمراد شریفی^۱ کربیم آذربایجانی^۲
ابوذر شاکری^۳ ایرج کاظمی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۰۶

چکیده

تحلیل تقاضای انرژی در صنایع همواره یکی از موضوعات مهم تحقیقات اقتصادی است. این مسأله برای کشورهای در حال توسعه اهمیتی ویژه دارد. در این تحقیق به منظور تحلیل تقاضای نهاده‌ها از مدل‌های پویای نسل سوم استفاده شده تا سرعت تعديل سرمایه در صنایع کارخانه‌ای نیز مشخص شود. داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده شده در این پژوهش مربوط به صنایع کارخانه‌ای ایران بر اساس کدهای دو رقمی طبقه بندی بین‌المللی ISIC در سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۶ است. با استفاده از فرم تابعی ترانسلوگ و براورد پارامترهای آن به روش حداقل درستنمایی با اطلاعات کامل، این نتیجه گرفته شد که بین سرمایه، الکتریسیته و انرژی رابطه‌ی مکملی برقرار بوده و سرعت تعديل بسیار پایین است. در سال‌های مورد مطالعه، در صنایع کارخانه‌ای ایران تقاضای حامل‌های انرژی و سرمایه با گسترش فعالیت‌های تولیدی و تغییرات فناورانه افزایش یافته، در حالی که تقاضای نیروی کار کاهش است.

JEL: Q43, L60, L6

واژگان کلیدی: مدل‌های پویای نسل سوم تقاضای نهاده، صنایع کارخانه‌ای ایران، انرژی

* این مقاله از پایان نامه‌ی دانشجو با همین عنوان استخراج شده که از سوی شرکت بهینه سازی سوخت حمایت مالی شده است.

- ۱- استادیار دانشگاه اصفهان، asharifi@istt.org
- ۲- دانشیار دانشگاه اصفهان، azarbajani@yahoo.com
- ۳- استادیار دانشگاه اصفهان، i_kazemi@yahoo.com
- ۴- کارشناسی ارشد رشته‌ی توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، aboozar.shakeri@gmail.com

۱- مقدمه

یکی از بخش‌های بسیار مهم هر اقتصادی بخش صنعت است و در اقتصاد کنونی جهان بخش صنعت اصلی ترین رکن رشد و توسعه‌ی اقتصادی کشورها به‌شمار می‌آید. صنعت به‌عنوان یکی از ارکان مهم اقتصاد، که توسعه‌ی آن به عنوان مهم‌ترین عامل در تحول ساختاری اقتصاد ایران و نیل به اقتصاد بدون اتکا به نفت است، اهمیتی ویژه دارد.

از سویی، در دنیای امروز مدیریت تقاضاً تأثیری بسیار مهم در برنامه‌ریزی کشورها دارد و با توجه به این که انرژی از عوامل تأثیرگذار در امنیت اقتصادی کشور ما است؛ مدیریت تقاضای انرژی می‌تواند اهمیتی به‌سزا در تأمین امنیت اقتصادی داشته باشد. اهمیت حیاتی انرژی در اقتصاد کلان کشور و همچنین ضرورت اعمال مدیریت کارآمد در این بخش ایجاب می‌کند تا تقاضای عوامل تولیدی، به‌ویژه انرژی، در بخش صنعت که از ارکان اساسی اقتصاد کشور است، مطالعه شود.

یکی از مسائلی که در تحلیل تقاضای نهاده‌ها بسیار جذاب بوده و به آن توجه می‌شود این است که رابطه‌ی بین انرژی و سرمایه به صورت جانشینی، یا مکملی است. اگر انرژی و سرمایه مکمل باشند، باید برای کاهش تولید گاز CO₂ از هر دو نهاده کم‌تر استفاده کنیم. اگر این دو نهاده جانشین باشند، باقی ماندن در صحنه رقابت برای بنگاه بسیار گران و سخت خواهد بود. در مطالعاتی که با داده‌های سری زمانی انجام شده، این دو نهاده مکمل بوده‌اند در صورتی که در مطالعات با داده‌های ترکیبی این دو نهاده جانشین هستند. داده‌های سری زمانی بازتابنده‌ی روابط در کوتاه‌مدت و داده‌های ترکیبی اثرات بلندمدت را نشان می‌دهند.^۱

بنابراین، با توجه به این که جانشین و یا مکمل بودن دو نهاده‌ی انرژی و سرمایه باعث می‌شود که تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران اقتصادی - مبنی بر افزایش و یا کاهش قیمت انرژی - نتایجی متفاوت در برداشته باشد، باید این ارتباط را با روش‌ها و مدل‌های کارآمدی تعیین کرد. از آنجا که مدل‌های ایستا بین دو دوره‌ی کوتاه‌مدت و بلندمدت تفاوتی نمی‌گذارند؛ پس، نمی‌توان به نتایجی که این مدل‌ها به دست می‌دهد تکیه کرد. از این رو، توجه به مدل‌های پویا در زمینه‌ی یافتن رابطه‌ی بین دو نهاده‌ی انرژی و سرمایه امری ضروری به نظر می‌رسد.

تمرکز این پژوهش مدل‌های تقاضای نهاده‌ای است که به‌مسیر تعديل توجه دارد، مسیری که از تعادل کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت است، بنابراین، هدف این مطالعه به کار بردن مدل‌های پویای تقاضای نهاده برای تحلیل تقاضای انرژی و دیگر نهاده‌ها در صنایع ایران و همچنین، تصریح این مدل‌ها برای تعیین رابطه‌ی بین امکانات جانشینی نهاده‌ها در کوتاه‌مدت و بلندمدت است.

۲- مدل های پویای تقاضای نهاده

مدل های ایستا به طور ضمنی فرض می کنند که تمامی نهاده ها به طور آنی به سمت سطح تعادلی بلندمدت شان تعديل می شوند. از این رو، مدل های ایستای تقاضای نهاده نمی توانند به درستی رفتار اقتصادی واقعی را نشان دهند. در حقیقت، پذیرفتن محدودیت های اقتصادی (همگنی قیمت و تقارن) یا همبستگی بی دربی باقی مانده ها، محدودیت هایی به وجود می آورد که هر دو به وجود آمدن نشانه هایی از ناپویایی است. (Morena^۱، ۲۰۰۷)

مدل های پویای تقاضای نهاده با این هدف معرفی شدند که بتوانیم مشکلات بالا را حل کنیم. مدل های پویای نسل اول و دوم از سوی نادری و روزن^۲ (۱۹۶۹) معرفی شدند. لوکاس^۳ (۱۹۶۷) نسل سوم مدل های پویای تقاضای نهاده را معرفی کرد، و برای نخستین بار فرایند تعديل را به صورت تئوری بیان کرد. پس از این، به ویژه در دهه ۱۹۸۰، مفاهیمی جدید برای مدل های تقاضای نهاده نسل دوم و سوم تعریف شد.

مدل های نسل اول در اصل مدل های تک معادله ای هستند که از تعديل جزئی کویک^۴ استفاده می کنند. تأثیر تئوری اقتصاد در این مدل ها محدود شده و تعامل با دیگر نهاده ها حذف شده است. مدل های نسل دوم آشکارا تقاضای نهاده های مرتبط به هم را با وکنش تقاضای کوتاه مدت بنگاه ادغام می کند؛ اما، تأثیر تئوری اقتصاد هنوز محدود است (در تأثیر نهاده های اقتصادی در مسیر زمانی تعديل^۵ از کوتاه مدت به بلندمدت به صورت آشکار بیان نشده است). مدل های نسل سوم آشکارا شامل بهینه سازی پویا می شوند و در نتیجه، کشش های قیمتی کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت را به دست می دهد. ویژگی عمده مدل های نسل سوم این است که میزان ظرفیت بهره برداری^۶ تعریف شده و به وجود آید.

۱-۲- مدل های پویای نسل سوم تقاضای نهاده

ویژگی کلیدی مدل های پویای تقاضای نهاده نسل سوم، معرفی هزینه های تعديل برای نهاده های شبه ثابت است. ایزنر و استورتر^۷ (۱۹۶۳) برای نخستین بار وقفه های تعديل را بر این اساس که افزایش و انباشت سرمایه سریع تر اتفاق می افند، معرفی کردند. لوکاس^۸ (۱۹۶۴) نتایج ایزنر و استورتر را به وضعیت نهاده های شبه ثابت چند گانه تعمیم داد. در الگوی وی، توابع هزینه های تعديل متناسب با سرمایه گذاری خالص در نهاده های شبه ثابت تعریف شده است.^۹ از سوی دیگر، گولد^{۱۰} (۱۹۶۸) و لوکاس (۱۹۶۷) توابع هزینه های تعديل را

1- Morena

2- Nadiri and Rosen

3- Lucas

4- Koyck partial adjustment

5- Time path of adjustment

6- Capacity utilization

7- Eisner and Strotz

8- Lucas

9- توابع هزینه های تعديل بیان کننده مجموع هزینه های خرید و هزینه های استقرار نهاده های جدید است.

10- Gould

مناسب با سرمایه‌گذاری ناچالص، به عنوان هزینه‌ی جایگزین، تعریف کردند. در نهایت، تریدوی^۱ (۱۹۶۹) هزینه‌های تعديل را به صورت قیدی که به تابع هزینه افزوده می‌شود، معرفی کرد. هزینه‌ی تعديل به صورت

$$\text{سرمایه‌گذاری خالص} (x) \text{ وارد تابع تولید} (\text{هزینه}) \text{ می‌شود} \quad (Y = f(x, \dot{x}, v, t)).$$

با تعریف فرم تابعی تابع هزینه‌ی متغیر، یک سیستم معادلات تقاضا برای عامل‌های متغیر و شبه‌ثابت به وجود خواهد آمد. در این صورت، کشش‌های قیمتی و تولیدی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت به دست می‌آید، که این کشش‌ها همگی رفتار پویای الگو را مشخص می‌کند.

نخست الگوی تقاضای نهاده را به شکل عمومی بیان کرده؛ سپس، الگوی تقاضای نهاده را با فرم تابعی ترانسلوگ بیان می‌کنیم.

فرض کنیم که صنعت با بازار رقابتی عوامل روبرو است که عوامل متغیر v_j , $j=1, \dots, m$ در قیمت $\bar{w}_j = \bar{q}_i$ خریداری می‌شود و عوامل شبه‌ثابت x_i , $i=1, \dots, n$ در قیمت‌های \bar{w}_i امکانات تولیدی بنگاه در دوره t با تابع تولید شبه‌مقعر زیر بیان می‌شود:

$$Q(t) = F(v(t), x(t), t) \quad (1)$$

براساس تئوری دوگانگی بین هزینه و تولید، تکنولوژی حداقل کردن هزینه بنگاه را می‌توان با تابع هزینه-ی مقید نرمال شده^۲ به صورت زیر نشان داد:

$$C(t) = \sum_j v_j w_j = G(Q(t), w(t), x(t), t) \quad (2)$$

که $w_j = \frac{\bar{w}_j}{w_1}$ قیمت عامل نرمال شده بوسیله‌ی قیمت عامل ۱ است.

تقاضا برای عوامل متغیر، به جز نهاده‌ی اول، براساس لم شفارد از تابع هزینه مشتق می‌شود:

$$v_j = \frac{\partial G}{\partial w_j} \quad j = 2, \dots, m \quad (3)$$

در حالی که تقاضا برای اولین نهاده از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$v_1 = G - \sum_{j=2}^m w_j \frac{\partial G}{\partial w_j} \quad (4)$$

ارزش سایه‌ای نرمال شده‌ی $-i$ -امین نهاده‌ی شبه‌ثابت، R_i ، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$-\frac{\partial G}{\partial x_i} = r_i \quad (5)$$

1- Treadway

2- Normalized restricted cost function

تعدیل موجودی عوامل شبه ثابت هزینه هایی به بنگاه تحمیل می کند. این هزینه ها به دو صورت می توانند باشد: هزینه خرید یا سرمایه گذاری و هزینه تعديل. فرض بر این است که هزینه تعديل نهایی تابعی فزاینده از سرمایه گذاری باشد.

همچنین، فرض می کنیم که نهاده شبه ثابت x_i با نرخ δ_i مستهلك می شود؛ یعنی، این که به منظور افزایش

موجودی به \dot{x}_i بنگاه باید $x_i + \delta_i$ واحد موجودی جدید بخرد.

در بلندمدت بنگاه ارزش فعلی مجموع هزینه های عوامل متغیر، هزینه های خرید عوامل شبه ثابت و هزینه های تعديل را حداقل می کند. در واقع، مسأله بهینه سازی که باید حداقل شود، به صورت زیر بیان می شود:

$$L(0) = \int_0^{\infty} e^{-rt} [G(t) + \sum_i \{q_i(\dot{x}_i + \delta_i x_i) + D_i(\dot{x}_i)\}] dt \quad (6)$$

که $G(t)$ نرخ بهره و q_i قیمت نرمال شده ای امین نهاده شبه ثابت است. می توان این رابطه را به صورت زیر نوشت:

$$L(0) = \sum_i q_i x_i(0) + \int_0^{\infty} e^{-rt} [G(t) + \sum_i u_i x_i + \sum_i D_i(\dot{x}_i)] dt \quad (7)$$

که $u_i = q_i(r + \delta_i)$ هزینه فرست نرمال شده ای امین نهاده شبه ثابت، $G(t)$ نرخ بهره و q_i قیمت نرمال شده ای امین نهاده شبه ثابت است. نخستین عبارت سمت راست رابطه (7) ارزش اولیه موجودی نهاده شبه ثابت بوده و مقداری ثابت است؛ بنابراین، در فرایند بهینه سازی وارد نمی شود. حداقل کردن این رابطه با توجه به متغیر وضعیت x_i و متغیر کنترل \dot{x}_i می تواند با تابع هامیلتون به این صورت بیان شود:

$$H(x, \dot{x}, \lambda, t) = e^{-rt} [G(t) + \sum_i u_i x_i + \sum_i D_i(\dot{x}_i)] + \lambda \dot{x}_i \quad (8)$$

مشروط لازم برای حداقل کردن این رابطه عبارت است از:

$$\frac{\partial H}{\partial \dot{x}} = 0 \rightarrow e^{-rt} D_i(\dot{x}_i) + \lambda = 0, \quad \dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial x} = -e^{-rt} G_x - e^{-rt} u_i \quad (9)$$

اگر از قسمت اول رابطه (9) نسبت به زمان دیفرانسیل گرفته و با قسمت دوم این رابطه ترکیب کنیم، به رابطه زیر می رسیم:

$$-\frac{\partial G}{\partial x_i} - u_i - r D_i(x_i) + D_i''(x_i) \frac{d x_i}{dt} = 0 \quad (10)$$

در وضعیت رشد مداوم (حالت پایا)^۱ داریم: $\frac{d x_i}{dt} = 0$ ، بنابراین:

$$-\frac{\partial G}{\partial x_i} - u_i - rD'_i(0) = 0 \quad (11)$$

تقاضای بهینه برای عوامل شبه ثابت از حل این مجموعه معادلات به دست می‌آید که با x^* مشخص شده است. تریدوی^۱ (۱۹۷۴، ۱۹۷۱) نشان داد که این معادلات تقاضا برای عوامل شبه ثابت می‌تواند برای تعادل بلندمدت در یک سیستم معادلات خطی دیفرانسیل به صورت زیر تقریب زده شود:

$$x = B^*(x^* - x) \quad (12)$$

B^* ماتریس ضرایب تعديل است.

وقتی تنها یک نهاده‌ی شبه ثابت داشته باشیم، K این ماتریس به صورت زیر در می‌آید:

$$B^* = \lambda = -1/2 \left(r - \left[r^2 + \frac{4G_{KK}}{D''(0)} \right]^{1/2} \right) \quad (13)$$

همان ضریب تعديل بود که تابعی کاهنده از نرخ تنزیل است.

۳- مروری بر پژوهش‌های پیشین

۳-۱- پژوهش‌های خارجی

مدل‌های پویای نسل سوم در اوخر دهه‌ی ۱۹۶۰، با مطالعات لوکاس، گولد و تریدوی معرفی شدند. پس از این در اوخر دهه‌ی ۱۹۷۰، برنت، فاس و ویورمن (۱۹۸۰، ۱۹۷۷) این مدل را گسترش دادند. برنت، موریسون و واتکیتز (۱۹۸۱) در مطالعه‌ای با عنوان مدل‌های پویای تقاضای انرژی: بروارد و مقایسه هر سه نسل از مدل‌های پویا را بررسی کردند. ویژگی برجسته‌ی مدل‌های نسل اول ثابت فرض کردن پارامترهای کارایی و ظرفیت بهینه است که این خود به عنوان نقیصه‌ی این مدل‌ها به شمار می‌رود. مدل‌های پویای نسل دوم نیز ویژگی‌های جذابی دارند، از جمله:

- ۱- معادلات تقاضای کوتاه‌مدت برای عوامل متغیر به دست می‌آید که نه تنها به قیمت آن‌ها بلکه به مقدار نهاده‌ی ثابت در کوتاه‌مدت نیز بستگی دارد. این روش فرایند عدم تعادلی به هم وابسته را مشخص می‌کند.
- ۲- معادلات تقاضای بلندمدت برای عوامل متغیر و ثابت به دست می‌آیند.
- ۳- با استفاده ازتابع هزینه‌ی متغیر مقید کوتاه‌مدت می‌توان به لحاظ اقتصادی اندازه‌ی معناداری از ظرفیت بهینه به دست آورد.

با وجود این ویژگی‌ها، مدل نسل دوم مقایصی دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- در یک زمان مشخص به وضوح نمی‌توان گفت که کدام عامل متغیر و کدام یک ثابت است.
- ۲- با وجود این که کشش‌های قیمتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست می‌آید، نمی‌توان بازه‌ی زمانی مشخصی بین کوتاه‌مدت و بلندمدت تعریف کرد؛ مسیر تبدیل از کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت تعریف نمی‌شود.

در نهایت، مدل‌های نسل سوم را بررسی کردند. ویژگی بارز این مدل‌ها در معرفی نهاده‌ی شبه ثابت نهفته است؛ نهاده‌ای که در کوتاه‌مدت ثابت بوده، ولی در بلندمدت متغیر در نظر گرفته می‌شود. از دیگر ویژگی این مدل معرفی تابع هزینه‌ی تبدیل برای عوامل شبه ثابت است؛ که می‌توان آن‌ها را به دو صورت درونی و یا بیرونی در نظر گرفت.

والفریدسون^۱ (۱۹۸۷)، در پژوهشی با عنوان به کارگیری مدل‌های پویای تقاضای نهاده در صنایع سوئد به تحلیل تقاضای انرژی با استفاده از مدل‌های پویای تقاضای نهاده پرداخته و نیز رابطه‌ی بین جانشینی نهاده‌ها در کوتاه‌مدت و بلندمدت را تعیین کرده است. وی با استفاده از تابع هزینه‌ی درجه ۲ به این نتیجه رسید که نرخ تبدیل برآورد شده‌ی موجودی سرمایه برای همه‌ی صنایع به طور معنی داری کمتر از واحد است (۰/۰۲)، و این نشان‌دهنده‌ی تبدیل به نسبت کند شوک‌های قیمت انرژی است. همچنین، جانشینی یا مکملی بین سرمایه، الکتریسیته و سوخت‌ها به نسبت اندک است در حالی که کشش‌های قیمتی کوتاه‌مدت و بلندمدت این نهاده‌ها یکسان هستند و این به بدین معنی می‌باشد که جانشینی انرژی یک پدیده‌ی کوتاه‌مدت است. کشش‌های تولیدی کوتاه‌مدت برآورده شده، به ویژه برای نیروی کار و حامل‌های سوخت، همانند بلندمدت است.

لی و همکاران^۲ (۱۹۹۴)، در پژوهشی ساختار تولید صنایع کارخانه‌ای سه کشور کره، ژاپن و تایوان را با استفاده از مدل‌های تقاضای نهاده به هم وابسته (پویای نسل سوم) تحلیل و مقایسه کرده‌اند. همچنین، ویژگی‌های بازار عوامل این سه کشور را با اندازه‌گیری کشش‌های قیمتی و تولیدی و سرعت تبدیل عوامل شبه ثابت (سرمایه و نیروی کار ماهر) به سمت تعادل بلندمدت‌شان بررسی و تحلیل کرده‌اند. آن‌ها مانند ندیری و پروچا (۱۹۸۵) و پروچا و ندیری (۱۹۸۶) از فرم درجه دو تابع هزینه با هزینه‌های تبدیل درونی بهره گرفتند.

برای برآورد ضرایب معادلات تقاضای عوامل متغیر و شبه ثابت از روش حداکثر درستنمایی با اطلاعات کامل^۳ استفاده کرده‌اند. مهم‌ترین نتایجی که به دست آورده‌اند، عبارت است از:

- ۱- ضرایب تبدیل متقاطع در هر سه کشور منفی به دست آمده‌است. اگر برای سرمایه‌ی مازاد تقاضا وجود داشته باشد، تبدیل نیروی کار ماهر به کنندی صورت می‌گیرد و برعکس.

1- Bo Walfridson

2- Y. J. Lee., H. S. Nah & D. S. Lee.

3- FIML

۲- در کوتاه‌مدت و حتی در میان‌مدت، تنها بازار نیروی کار غیرماهر کشور کره کشش‌های تولیدی پرکششی داشته است.

۳- برای کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع بین عوامل، در سه کشور نتایج متفاوتی به دست آورده‌اند. به هر حال، در هر سه کشور سرمایه و نیروی کار ماهر مکمل و مواد خام و نیروی کار ماهر جانشین یکدیگراند.

ندیری و پروچا^۱ (۱۹۹۹) در پژوهشی با عنوان مدل‌های پویای تقاضای نهاده و تحلیل بهره‌وری با استفاده از مدل‌های تقاضای نهاده‌ی به هم وابسته به بررسی و تحلیل ساختار تولید، تقاضای عوامل متغیر و شبه ثابت و بهره‌وری پرداخته‌اند. آن‌ها توanstند با به کار بردن این مدل‌ها که بین عوامل شبه ثابت و متغیر به دلیل وجود هزینه‌های تعديل تفاوت می‌گذارند، در دوره‌های زمانی مختلف تقاضای عوامل تولید و رشد بهره‌وری را براورد کنند. همچنین، این مدل امکان بررسی روابط جانشینی بین عوامل را در سه دوره‌ی زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند‌مدت به آن‌ها داد. برخی از یافته‌های آن‌ها عبارت بود از:

۱- ضرایب تعديل معنی داری به دست آورده‌اند، ضریب تعديل موجودی سرمایه‌ی فیزیکی ۰/۲ و سرمایه تحقیق و توسعه ۰/۱۵ بود. هزینه‌ی تعديل هر کدام از انواع سرمایه، ۱۵٪ کل سرمایه‌ی گذاری ناخالص را تشکیل می‌داد.

۲- کشش‌های تولیدی به دست آمده نشان می‌دهند که عوامل متغیر تولید در کوتاه‌مدت، نیروی کار و مواد خام به شدت به تغییرات سطح تولید حساس است. کشش‌های تولیدی عوامل شبه ثابت، موجودی سرمایه و R&D، در کوتاه‌مدت کوچک بوده و در طول زمان افزایش می‌پابد. کشش‌های قیمتی خودی، مطابق انتظار، همگی منفی بوده و کشش‌های قیمتی متقاطع نسبت به این که نرخ استهلاک درون‌زا باشد یا نباشد، حساس است.

آرنبرگ و بیورنر^۲ (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای با عنوان جانشینی بین انرژی، سرمایه و نیروی کار در کارگاه‌های صنعتی: تحلیل داده‌های تابلویی مدل‌های تقاضای نهاده را با استفاده از تصريح توابع هزینه به صورت ترانسلوگ^۳ و لاجیت خطی^۴ برآورد کرده‌اند. برق، سرمایه‌ی ماشینی، نیروی کار و دیگر اشکال انرژی (که به‌طور عمده مشکل از سوخت نفتی و گاز طبیعی است) نهاده‌های تولیدی انعطاف‌پذیر استفاده شده در این تحقیق است.

معادلات را به دو روش برش‌های مقطعی (برای قابل مقایسه بودن با مطالعات پیشین) و داده‌های تابلویی با اثرات ثابت برآورد شده و کشش‌های جزئی متقاطع و قیمتی نهاده‌ها را محاسبه کرده‌اند.

1- Nadiri and Prucha

2- Arenberg, S. & T.B.Bjørner

3- Translog

4- Linear Logit

جدول ۱: کشش‌های قیمتی و متقاطع به دست آمده از مدل ترانسلوگ در مطالعه‌ی بیورنر و آرنبرگ

P ₄	P ₃	P ₂	P ₁	
-۰/۲۰۳	۰/۳۷۵	۰/۰۴۲	-۰/۲۱۴	برق (۱)
-۰/۲۴۲	۰/۶۲۸	-۰/۴۵	۰/۰۶۳	دیگر حامل‌های انرژی (۲)
۰/۰۵۷	۰/۰۸۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	نیروی کار (۳)
-۰/۴۵۳	۰/۵۶۳	-۰/۰۴۹	-۰/۰۶۱	ماشین‌آلات (۴)

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲: کشش‌های قیمتی و متقاطع به دست آمده از مدل لاجیت خطی در مطالعه‌ی بیورنر و آرنبرگ

P ₄	P ₃	P ₂	P ₁	
-۰/۰۷۵	۰/۲۴۶	۰/۰۱۷	-۰/۱۸۹	برق (۱)
-۰/۰۸۴	۰/۲۹۱	-۰/۲۳۳	۰/۰۲۶	دیگر حامل‌های انرژی (۲)
۰/۰۳۸	۰/۰۵۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	نیروی کار (۳)
-۰/۳۳۵	۰/۳۷۴	-۰/۰۱۷	-۰/۰۲۳	ماشین‌آلات (۴)

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به جداول بالا باوجود کشش‌های قیمتی و متقاطع به دست آمده در حالت تابع ترانسلوگ همگی بزرگ‌تر از حالت تابع لاجیت خطی هستند، نتایج آن‌ها حاکی از محدود بودن جانشینی بین نهاده‌های برق و دیگر انرژی‌هاست؛ و نیز، هم برق و هم دیگر انرژی‌ها با سرمایه مکمل است.

۲-۳- مطالعات داخلی

تا کون، در کشور مطالعه‌ای که موضوع پژوهش حاضر را پوشش دهد، انجام نشده است. در اینجا به چند مطالعه که در راستای برآورد توابع تقاضای نهاده‌ها در صنایع کارخانه‌ای ایران است، اشاره می‌شود. حیدری (۱۳۸۵)، در مقاله‌ای با عنوان تخمین توابع تقاضای کوتاه مدت و بلندمدت عوامل تولید در بخش صنعت ایران با استفاده از نوعی تابع هزینه با عنوان تابع هزینه‌ی تعمیم یافته لئونتیف، توابع هزینه، تقاضا برای نهاده‌های تولیدی در کوتاه مدت و بلندمدت را به روش رگرسیون سیستم معادلات به ظاهر نامرتب^۱ برآورد کرده است. توابع تقاضا در کوتاه مدت بر حسب قیمت نهاده‌های متغیر و قیمت و مقدار نهاده‌ی شبه ثابت و

1- Seemingly Unrelated of Regression (SUR)

سطح تولید بیان شده؛ ولی، در بلندمدت بر حسب قیمت تمامی نهاده‌ها تعریف شده است. در کوتاه مدت انرژی و نیروی کار، نهاده‌های متغیر و سرمایه‌ی نهاده‌ی شبه ثابت و در بلندمدت تمامی نهاده‌ها متغیر در نظر گرفته شده است.

کشش‌های متقاطع برآورد شده نشان می‌دهد که میان نهاده‌ی انرژی و هر کدام از دو نهاده‌ی دیگر (نیروی کار و سرمایه)، امکان جایگزینی به نسبت محدودی وجود دارد. بنابراین، افزایش در قیمت هر کدام از نهاده‌ها، بر هزینه‌های تولید کوتاه مدت و بلندمدت در صنایع بزرگ ایران به صورت پایدار می‌افزاید. این موضوع در ارتباط با مصرف نهاده‌ی انرژی، بیانگر ضرورت تلاش برای صرفه‌جویی و بهبود بهره‌وری این نهاد به وسیله‌ی ابزارها و سیاست‌های غیرقیمتی، از جمله بهبود کیفیت تجهیزات مصرف‌کننده‌ی انرژی و ممیزی انرژی در بخش صنعت است.

رنجبر فلاح (۱۳۷۹) در رساله‌ی دکترای خود با عنوان **الگوی جامع تقاضای انرژی در ایران به بررسی تقاضای انرژی در تک تک بخش‌های اقتصادی و نیز کل کشور پرداخته است**. الگوی نظری استخراج و برآورد سیستمی تقاضای انرژی به صورت دو مرحله‌ی است که در مرحله‌ی اول تقاضای انرژی در کنار دیگر عوامل تولید چون سرمایه، نیروی کار و مواد اولیه به عنوان یک تابع تقاضای مشتقه از تابع هزینه‌ی ترانسلوگ استخراج شده و در مرحله‌ی دوم مخارج مربوط به انرژی، به مخارج بر اجزای آن از قبیل فراورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق تفکیک شده است. وی برای برآورد مدل از داده‌های کلی مربوط به بخش صنعت برای دوره‌ی (۱۳۶۷-۱۳۷۶)، استفاده کرده و برای رفع مشکل درجه آزادی مدل، اطلاعات سالانه را با استفاده از روش‌های خاص آماری به اطلاعات فصلی تبدیل کرده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق به کشش ناپذیری تقاضای حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور دلالت دارد که وی آن را به دلایل ساختاری و عدم انعطاف‌پذیری و چسبندگی‌های تکنولوژیکی مرتبط دانسته است. وی در نهایت، نتیجه‌گیری کرده است که اگر هدف از افزایش قیمت‌های انرژی، افزایش درامدهای دولت باشد؛ این امر به خوبی محقق خواهد شد، ولی اگر هدف ایجاد صرفه‌جویی و تقلیل مصرف انرژی باشد، این امر به سهولت امکان‌پذیر نخواهد شد.

۴. الگو بر اساس تابع هزینه‌ی ترانسلوگ

در این قسمت سعی برآن شده است تا مدل‌های پویای نسل سوم تقاضای نهاده برای فرم تابعی ترانسلوگ استخراج شود. مزیت این فرم تابعی در این است که فرض می‌شود بازگشت به مقیاس ثابت وجود دارد. این فرض ما را قادر می‌سازد تا بتوانیم این آزمون را انجام دهیم که آیا کشش‌های تولیدی به طور معنی داری متفاوت از یک هستند یا خیر.

در اینجا با مدل هزینه‌ی تعدیل بیرونی^۱ تابع تقاضای نهاده‌های متغیر و شبه ثابت را استخراج خواهیم کرد. تابع تقاضای نهاده‌های متغیر و قیمت سایه‌ای نهاده‌ی شبه ثابت را با استفاده از لم شفارد از تابع هزینه‌ی مقید به دست می‌آوریم، فرض می‌کنیم تابع تولید را به این صورت داریم:

$$Q = f(K, L, E, F, t) \quad (14)$$

که Q تولید، K موجودی سرمایه، L نیروی کار، E الکتریسیته، F انرژی و t پیشرفت فنی (زمان) است. قیمت نهاده‌ها که با قیمت نیروی کار تعدیل شده است، P_K ، P_E و P_F می‌باشد. با استفاده از تئوری دوگان، در کوتاه‌مدت تابع هزینه‌ی مقید را می‌توان از تابع تولید استخراج کرد:

$$C = G(Q, K, P_E, P_F, t) \quad (15)$$

قیمت نهاده‌ها، موجودی سرمایه و تولید به صورت برونزنا تعیین می‌شود. هزینه‌ی تعدیل، بیرونی بوده و فرض می‌شود که تابعی درجه ۲ از سرمایه‌گذاری خالص (تغییر موجودی سرمایه) \dot{K} است:

$$D(\dot{K}) = \frac{1}{2} \delta_{kk} \dot{K}^2 \quad (16)$$

حال، فرض می‌کنیم تابع هزینه‌ی مقید نرمال شده ترانسلوگ^۲ را به صورت زیر داریم:

$$\begin{aligned} \ln G &= a_0 + a_T t + (a_Q + a_{QT} t) \ln Q + (a_K + a_{KT} t) \ln K + \\ &\sum (a_i + a_{iT} t) \ln P_i + \sum \beta_{Qi} \ln Q \ln P_i + \sum \beta_{Ki} \ln K \ln P_i + \\ &\frac{1}{2} \sum \sum \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K)^2 + \beta_{KQ} \ln K \ln Q \end{aligned} \quad (17)$$

که $i, j \in \{E, F\}$ است.

تابع هزینه ترانسلوگ در بلندمدت محدود به بازگشت به سرمایه‌ی ثابت است. بنابراین، هنگام براورد این تابع همراه معادلات تقاضای نهاده‌ها باید قیدهای زیر را اعمال کنیم:

$$\begin{aligned} a_Q + a_K &= 1 \\ a_{QT} + a_{KT} &= 0 \\ \beta_{KQ} + \beta_{KK} &= 0 \\ \beta_{QQ} + \beta_{KQ} &= 0 \\ \beta_{QE} + \beta_{KE} &= 0 \\ \beta_{QF} + \beta_{KF} &= 0 \end{aligned}$$

معادلات سهم هزینه‌ی نهاده‌های متغیر، با مشتق‌گیری از تابع هزینه‌ی مقید نسبت به قیمت نهاده‌ها (به صورت لگاریتمی) به دست می‌آید.

$$S_F = \frac{\partial \ln G}{\partial \ln P_F} = a_F + a_{FT} t + \sum \beta_{Fi} \ln P_i + \beta_{KF} \ln K + \beta_{QF} \ln Q \quad (18)$$

$$S_E = \frac{\partial \ln G}{\partial \ln P_E} = a_E + a_{ET} t + \sum \beta_{Ei} \ln P_i + \beta_{KE} \ln K + \beta_{QE} \ln Q \quad (19)$$

1- External Costs-of-adjustment Model

2- Berndt and Hesse (1986) and Walfridson, B., (1987)

$$S_L = 1 - S_E - S_F \quad (۲۰)$$

با توجه به رابطه‌ی $S_i = \frac{\partial \ln G}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial G}{\partial P_i} / G$ این معادلات سهم قابل تبدیل به معادلات تقاضای نهاده‌های متغیر است:

$$F = S_F \frac{G}{P_F} \quad (۲۱)$$

$$E = S_E \frac{G}{P_E} \quad (۲۲)$$

قیمت سایه‌ای سرمایه‌ی افزایش در هزینه‌های متغیر به ازای یک واحد افزایش در موجودی سرمایه است:

$$r_K = -\frac{\partial G}{\partial K} \quad (۲۳)$$

اگر این رابطه را در نسبت K/G ضرب کنیم، سهم سایه‌ای هزینه‌ای سرمایه به دست می‌آید:

$$r_K K/G = S_K = -\frac{\partial G}{\partial K} K/G = -\frac{\partial \ln G}{\partial \ln K} = -(a_K + a_{KT} t + \sum \beta_{Ki} \ln P_i + \beta_{KK} \ln K + \beta_{KQ} \ln Q) \quad (۲۴)$$

با فرض این که قیمت گذاری بر اساس هزینه‌ی نهایی است، این سهم سایه‌ای هزینه‌ی سرمایه برابر با سهم واقعی هزینه‌ی سرمایه خواهد بود؛ بنابراین، ما می‌توانیم آنرا همراه معادلات تقاضای نهاده‌های متغیر برواردد کنیم.

برای به دست آوردن معادله‌ی موجودی سرمایه‌ی بهینه در بلندمدت^۱ رابطه‌ی بالا را برابر G^* مرتب می‌کنیم:

$$K^* = -(G^*/u_K)(a_K + a_{KT} t + \sum \beta_{Ki} \ln P_i + \beta_{KK} \ln K^* + \beta_{KQ} \ln Q^*) \quad (۲۵)$$

فرض می‌کنیم که قیمت مورد انتظار نهاده‌های نرمال شده با قیمت واقعی نهاده‌ها برابر باشد در حالی که تولید مورد انتظار در زمان $t+1$ ، Q^* ، برابر است با سطح تولید در زمان $t+1$ و هزینه‌ی کل برابر است با مجموع هزینه‌های چهار نهاده‌ی نیروی کار، الکتریسیته، انرژی و موجودی سرمایه.

حال، فرض می‌کنیم که سرمایه‌گذاری خالص \dot{K} ، برابر است با تغییر در موجودی سرمایه:

$$\dot{K} = \Delta K = K_t - K_{t-1} \quad (۲۶)$$

اگر اباحت سرمایه را با فرایند تعديل بیان شده در رابطه‌ی (۲۱) نشان دهیم:

$$\Delta K = \lambda(K_t^* - K_{t-1}) \quad (۲۷)$$

در این رابطه λ ضریب تعديل است که برای تابع هزینه‌ی ترانسلوگ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\lambda = -1/2(r - \left[r^2 + \frac{4G_{KK}}{D''(0)} \right]^{1/2}) = -\frac{1}{2}(r - \left(r^2 + \frac{\frac{G}{K^2}(-\beta_{KK} + S_K)}{\delta_{KK}} \right)^{\frac{1}{2}}) \quad (۲۸)$$

با ترکیب دو رابطه‌ی (۲۶) و (۲۷) به معادله‌ی موجودی سرمایه می‌رسیم:

$$K_t = \lambda K_t^* + (1 - \lambda)K_{t-1} \quad (۲۹)$$

۱- در بلند مدت متغیرها با ستاره مشخص می‌شوند. قیمت سایه‌ای سرمایه در بلندمدت با هزینه‌ی فرصت سرمایه برابر است ($r_K^* = u_K$).

این معادله همراه با معادلات تقاضا برای الکتریسیته، انرژی، تابع هزینه و سهم سرمایه سیستم معادلاتی را تشکیل می دهد که باید هم زمان برآورد شود.

۴- کشش‌های مربوط به تقاضای عوامل

در این بخش کشش‌های مربوط به حامل‌های انرژی را به دست می آوریم. کشش‌های بقیه عوامل به طور مشابه به دست می آید.

کشش‌های گوتاه‌مدت:

کشش‌های جانشینی:

(۳۰)

$$\epsilon_{FF}^S = \beta_{FF}/S_F + S_F - 1$$

کشش‌های تولیدی:

(۳۱)

$$\epsilon_{FQ}^S = \frac{\partial F}{\partial Q} Q/F = \beta_{QF}/S_F$$

کشش‌های میان‌مدت:

کشش‌های جانشینی:

$$\epsilon_{FF}^M = \epsilon_{FF}^S + \frac{\partial F}{\partial K} \lambda \frac{\partial K}{\partial P_F} P_F/F = \epsilon_{FF}^S - \beta_{KF} \lambda \left(S_K - 1 + \frac{\beta_{KF}}{S_K S_F} \right) \quad (32)$$

$$\epsilon_{KK}^M = \lambda \frac{\partial K}{\partial P_K} P_K/K = \lambda (S_K - 1) \quad (33)$$

$$\epsilon_{KF}^M = \lambda \frac{\partial K}{\partial P_F} P_F/K = \lambda \left(S_F (S_K - 1) - \frac{\beta_{KF}}{S_K} \right) \quad (34)$$

کشش‌های تولیدی:

$$\epsilon_{FQ}^M = \epsilon_{FQ}^S + \frac{\partial F}{\partial K} \lambda \frac{\partial K}{\partial Q} Q/F = \epsilon_{FQ}^S - \frac{\lambda \beta_{KQ} \beta_{KF}}{S_K S_F} \quad (35)$$

$$\epsilon_{KQ}^M = \lambda \frac{\partial K}{\partial Q} Q/K = \frac{\lambda \beta_{KQ}}{S_K} \quad (36)$$

کشش‌های پیشرفت فنی (زمان):

$$\epsilon_{Ft}^S = \frac{\partial F}{\partial t} 1/F = \alpha_{Ft}/S_F \quad (37)$$

$$\epsilon_{Ft}^M = \epsilon_{Ft}^S + \frac{\partial F}{\partial K} \lambda \frac{\partial K}{\partial t} 1/F = \epsilon_{Ft}^S - \frac{\lambda \alpha_{KT} \beta_{KF}}{S_K S_F} \quad (38)$$

کشش‌های بلند‌مدت:

این کشش‌ها با برابر ۱ قرار دادن λ در کشش‌های میان‌مدت به دست می آیند.

۵- برآورد پارامترهای مدل

برای برآورد مدل یک راه اینست که از برآورد کننده‌های به ظاهر نامرتبه زلنر که به اختصار^۱ ZEF نامیده می‌شود استفاده شود. حتی، اگر قیود بین معادلات هم نادیده گرفته شود باز هم به خاطر ارتباط هم‌زمان^۲ بین اجزای اخلال معادلات باید گفت که ماتریس کواریانس اجزای اخلال غیر قطعی است. زلنر (۱۹۶۲) در روش پیشنهادی خود امکان همبستگی غیر صفر بین اجزای اخلال معادلات را در نظر گرفته است و بنابراین، می‌توان انتظار داشت که برآوردهای سیستمی ZEF برآوردهای متفاوتی را در مقایسه با کاربرد روش برآورد OLS برای تک تک معادلات به دست می‌دهند.

در حقیقت، برآورد کننده‌ها ZEF ابتدا برای به دست آوردن برآورد مناسبی از ماتریس کواریانس اجزای اخلال Ω از برآوردهای OLS کلیه معادلات استفاده می‌کند. سپس، با در نظر گرفتن این ماتریس Ω به دست آمده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) برای برآورد پارامترهای مجموعه معادلات که به صورت مناسب با هم ادغام شده‌اند، استفاده می‌کند. در ادامه، می‌توان ماتریس کواریانس اجزای اخلال را با توجه به برآوردهای GLS به دست آمده، به دست آورد و دوباره از آن برای تکرار فرایند برآورد زلنر استفاده کرد. با تکرار این فرایند تغییر در پارامترها و Ω بروارد شده کوچک و کوچک‌تر می‌شود. این روش تخمینی تکراری کارای زلنر IZEF نامیده می‌شود. البته، اگر بتوان قیود تقارن در بین معادلات را در برآورد IZEF مد نظر قرار داد می‌توان برآورد کاراتری از پارامترها را نیز به دست آورد. کمتاً و گیلبرت^۳ و درایمز^۴ نشان داده‌اند که تکرار کردن روش برآورد زلنر تا رسیدن به همگرایی برآوردهای حداکثر درست نمایی از پارامترها را به دست می‌دهند. تکرار کردن فرایند زلنر یک روش محاسباتی^۵ کارا برای به دست آوردن برآوردهای حداکثر درستنایی است و در این پژوهش نیز از این روش استفاده شده است.

۵- انتخاب بین برآورد الگوها با داده‌های تابلویی

از آنجا، که در این پژوهش با سیستم معادلات به جای تک معادله روبرو هستیم؛ بنابراین، R^2 های به دست آمده برای تابع هزینه ملاک خوبی برای برازش و قدرت توضیح دهنده‌گی مدل نسبت. در برآورد سیستمی بهترین معیار برای اندازه‌گیری قدرت توضیح دهنده‌گی الگو و خوبی برازش استفاده از لگاریتم درستنایی سیستم معادلات برآورد شده است. بنابراین، برای انتخاب روش برآورد الگو از آزمون نسبت درستنایی^۶ استفاده می‌گردد.

1- Zellner Efficient Function

2 - Contemporaneously Correlation

3- Kmenta & Gilbert

4- Dhrymes(1970)

5- Computationally

6- Likelihood Ratio Test

برای محاسبه‌ی آزمون نسبت درستنایی (LR) ابتدا الگو به صورت اثرات ثابت با روش حداکثر درستنایی با اطلاعات کامل^۱ برآورد شده و سپس، به صورت pooling با روش حداکثر درستنایی برآورد می‌شود. اگر مقادیر حداکثر کننده‌ی توابع لگاریتم درستنایی الگوها به ترتیب با L0 و L1 نشان داده شود، آنگاه آماره‌ی آزمون نسبت درستنایی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$LR = -2 (\ln L_0 - \ln L_1) \quad (۳۹)$$

آماره‌ی نسبت درستنایی به صورت مجذوبی طبق توزیع کای دو با درجه‌ی آزادی برابر با تفاوت تعداد پارامترهای برآورد شده در الگوهای اثرات ثابت و pooling توزیع شده است.

فرض صفر این آزمون نبود اثرات فردی برای مقاطعه (برآورد الگو به صورت داده‌های ترکیبی pooling) است. اگر آماره آزمون محاسبه شده، از مقادیر بحرانی جدول با درجه‌ی آزادی‌های مربوط بزرگ‌تر باشد، فرض صفر رد می‌شود؛ بنابراین الگو باید به صورت داده‌های تابلویی برآورد گردد. وقتی، با سیستم معادلات روبه‌رو هستیم، برای انتخاب بین دو سیستم مقید و نامقید (و حتی دو سیستم معادلات مقید و کمتر مقید شده)^۲ بهترین آزمون، آزمون نسبت درستنایی است. (والفریدسون^۳، ۱۹۸۷)

فرض صفر آزمون نسبت درستنایی همیشه بر مبنای سیستم معادلات نامقید و یا کمتر مقید شده است و اگر رد شود به این معنی است که برآورد الگوی سیستم معادلات مقید مناسب تشخیص داده شده است.

۶- داده‌ها

داده‌ها و اطلاعات استفاده شده در این تحقیق، اطلاعات مربوط به صنایع ۱۰ نفر کارکن به بالا بر طبق کدهای دورقمی طبقه‌بندی بین‌المللی ISIC است.

آمار و اطلاعات استفاده شده در این پژوهش از مرکز آمار ایران، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۸۶، استخراج شده است.

با توجه به این که اطلاعات موجودی سرمایه در ایران منتشر نمی‌شود، از روش زراء نژاد و انصاری (۱۳۸۶) به منظور به دست آوردن موجودی سرمایه استفاده شده است. در این روش تابع سرمایه گذاری ناخالص به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$I_t = I e^{\lambda t} \quad (۴۰)$$

که در این رابطه I سرمایه گذاری ناخالص انجام شده در زمان t ، I سرمایه گذاری در سال پایه (۱۳۷۴) و λ نرخ رشد سرمایه گذاری است. موجودی سرمایه در سال پایه عبارتست از:

1- Full Information Maximum Likelihood

2- Restricted and Less Restricted

3- Walfridson

$$K_0 = \int I_t dt = \int I e^{\lambda t} dt = \frac{I}{\lambda} \quad (41)$$

برای محاسبه‌ی موجودی سرمایه‌ی سال پایه باید λ به دست آید. برای محاسبه‌ی معادله زیر تخمین زده می‌شود:

$$\ln I_t = \ln I + \lambda t \quad (42)$$

اینکه با استفاده از تعریف K به صورت زیر و محاسبه‌ی موجودی سرمایه در سال پایه با رابطه‌ی (۵۴)، موجودی سرمایه برای سال‌های مختلف به دست می‌آید:

$$K_t = K_{t-1} + I_t - \delta K_t \rightarrow K_t = \frac{K_{t-1} + I_t}{1 + \delta} \quad (43)$$

در رابطه‌ی بالا δ نشانگر نرخ استهلاک سرمایه در صنعت بوده که برای صنایع کد دو رقمی به صورت جدول زیر است:

جدول ۲: نرخ استهلاک در صنایع مختلف

صنعت	نرخ استهلاک (%)
صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۲/۳
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۴/۷
صنایع چوب و محصولات چوبی	۷/۹
صنایع کاغذ و انتشارات و چاپ	۸/۲
صنایع شیمیایی	۴/۵
صنایع دیگر محصولات کانی غیر فلزی	۴/۷
صنایع فلزات اساسی	۵/۶
صنایع محصولات و ماشین آلات فلزی فابریکی	۳/۹

منبع: جهانگرد (۱۳۸۳)

دیگر متغیرهای به کار رفته در این تحقیق عبارت است از:

- قیمت سرمایه: قیمت سرمایه برابر با حاصل ضرب موجودی سرمایه در مجموع نرخ بهره‌ی سپرده‌های بلندمدت و نرخ استهلاک مربوط به هر صنعت در نظر گرفته شده است.
- نیروی کار: نهاده‌ی نیروی کار برابر با تعداد شاغلین با مزد و حقوق در کارگاههای با بیش از ده نفر کارکن مشخص شده است.
- قیمت نیروی کار: قیمت نیروی کار از تقسیم پرداختی برای جبران خدمات شاغلان بر تعداد آنها به دست آمده است.

- الکتریسیته: نهاده‌ی برق استفاده شده در این پژوهش مقدار برق مصرف شده در صنایع است.
- قیمت الکتریسیته: به منظور به دست آوردن قیمت برق، ارزش برق خریداری شده از سوی هر صنعت به مقدار برق مصرفی به وسیله آن صنعت (به گیگاژول) تقسیم شده است.
- نهاده‌ی انرژی: مقدار این نهاده برابر با مجموع مقدار مصرف شده از حامل‌های انرژی شش گانه (بنزین، نفت سفید، گاز مایع، گاز طبیعی، گازوئیل و نفت کوره) به وسیله‌ی هر صنعت در نظر گرفته شده است.
- قیمت انرژی: به منظور به دست آوردن قیمت انرژی، ارزش مصرفی هر یک از حامل‌های انرژی در هر صنعت به مقدار مصرف شده از همان حامل تقسیم (به عنوان قیمت آن حامل)، و سپس متوسط وزنی از قیمت حامل‌های انرژی گرفته شده است. (وزن هر حامل برابر با مقدار مصرفی آن حامل از مجموع مقدار انرژی مصرف شده در نظر گرفته شده است).
- تولید: برابر با ارزش محصولات تولید شده در هر صنعت در نظر گرفته شده است.
- هزینه‌ی کل: در کوتاه‌مدت برابر با مجموع ارزش مصرف شده (قیمت ضرب در مقدار) سه نهاده‌ی نیروی کار، الکتریسیته و انرژی در نظر گرفته شده است، (چرا که در این پژوهش سرمایه عامل ثابت^۱ می‌باشد) و در بلندمدت ارزش مصرفی سرمایه به مقدار هزینه در کوتاه‌مدت افزوده گردیده است.
- سهم هزینه‌ای نهاده‌ها: برابر با ارزش مصرف شده (حاصلضرب قیمت در مقدار) هر نهاده تقسیم بر هزینه‌ی کل در نظر گرفته شده است.

۷- نتایج براورد الگوی ترانسلوگ

برای براورد معادلات به دست آمده جمله خطای u_{int} به تمامی افزوده‌های شود. پس از براورد هم‌زمان سیستم معادلات بالا به روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب، می‌توان پارامترهای مربوط به معادله‌ی نیروی کار را نیز به دست آورد.

ابتدا برای انتخاب بین براورد الگو به صورت داده‌های ترکیبی (pooling) و یا داده‌های تابلویی از آزمون نسبت درستنمایی استفاده شد. فرض صفر این آزمون مبنی بر الگوی مقید بوده و فرض مقابل الگوی نامقید قرار دارد. نتیجه‌ی این آزمون در جدول ۳ آورده شده است:

۱- عاملی که در کوتاه‌مدت ثابت بوده؛ ولی، در بلندمدت متغیر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳: آزمون نسبت درستنماهی

آماره‌ی کای دو با درجه‌ی آزادی ۲۱ ($\chi^2_{0.05}$)	آماره‌ی آزمون نسبت درستنماهی (LR)
۱۱/۶	۶۱

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به این که آماره‌ی آزمون LR از مقدار آماره‌ی کای دو بزرگ‌تر است، فرض صفر مبنی بر استفاده از داده‌های ترکیبی رد می‌شود. بنابراین، الگو باید با داده‌های تابلویی براورد گردد. همان‌طور که پیش از این بیان شد، برآورد الگو با داده‌های تابلویی به دو صورت اثرات ثابت و اثرات تصادفی است که برای انتخاب بین این دو روش نیز از آزمون نسبت درستنماهی استفاده شد.

جدول ۴: آزمون نسبت درستنماهی

آماره‌ی کای دو با درجه‌ی آزادی ۲۱ ($\chi^2_{0.05}$)	آماره‌ی آزمون نسبت درستنماهی (LR)
۱۱/۶	۲۷۰

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که از جدول ۴ پیداست، فرض صفر مبنی بر استفاده از روش اثرات ثابت رد شده و باید الگو به روش اثرات تصادفی براورد گردد.

جدول ۵ و ۶ نتایج حاصل از برآورد الگوی سیستم معادلات را به روش اثرات تصادفی نشان می‌دهد. جدول ۵ ضرایب تعیین و آماره‌ی دوربین-واتسون مربوط به معادلات را نشان می‌دهد. آماره‌ی دوربین-واتسون تمامی معادلات نزدیک به ۲ بوده و نشان از نبود خودهمبستگی دارد.

جدول ۵: ضرایب تعیین و آماره‌ی دوربین-واتسون

	R ²	Adj R ²	D-W
C	۰/۴۱	۰/۳۸	۲/۱۵
F	۰/۸۷	۰/۸۶	۲/۲۶
E	۰/۹۰	۰/۹۰	۲/۲۲
K*	۰/۹۷	۰/۹۷	۱/۹۵
K	۰/۹۷	۰/۹۷	۲/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶: پارامترهای براورد شده الگوی روش اثرات تصادفی

پارامتر	ضریب	t آماره	احتمال	پارامتر	ضریب	t آماره	احتمال
α_0	-۲/۲۳	-۲/۵۱	۰/۰۰۵	β_{EF}	-۰/۰۷	-۱۱/۵۴	۰/۰۰۰۱
α_T	-۰/۴۸	-۸/۲۳	۰/۰۰۰۱	β_{EE}	۰/۱۳	۲۱/۷۴	۰/۰۰۰۱
α_Q	۲/۷۵	۸/۹۴	۰/۰۰۰۱	β_{FF}	۰/۱۳	۴۰/۱۶	۰/۰۰۰۱
α_{QT}	۰/۱۱	۸/۳۱	۰/۰۰۰۱	β_{QQ}	-۰/۵۵	-۸/۱۳	۰/۰۰۰۱
α_K	۰/۷۱	۲۵/۸۴	۰/۰۰۰۱	β_{KK}	-۰/۱۹	-۳۲/۱۷	۰/۰۰۰۱
α_{KT}	۰/۰۰۵	۲/۷۵	۰/۰۰۰۶	β_{KQ}	-۰/۰۱	-۱/۸	۰/۰۷
α_F	۰/۴۴	۱۴/۰۸	۰/۰۰۰۱	β_{TT}	-۰/۰۱	-۳/۰۸	۰/۰۰۰۲
α_E	۰/۲۳	۷/۶۶	۰/۰۰۰۱	δ_{KK}	۱/۷۷	۴۵/۳۷	۰/۰۰۰۱
α_{ET}	-۰/۰۰۲	-۱/۴۸	۰/۱۴	C-ar(1)	۰/۶۷	۲۷/۶۶	۰/۰۰۰۱
α_{FT}	۰/۰۰۱	۰/۲۹	۰/۷۷	F-ar(1)	۰/۴۷	۱۸/۴۴	۰/۰۰۰۱
β_{QF}	-۰/۰۲	-۲/۸۳	۰/۰۰۰۵	E-ar(1)	۰/۴۷	۲۱/۸۹	۰/۰۰۰۱
β_{QE}	۰/۰۵	۸/۲۶	۰/۰۰۰۱	K*-ar(1)	۰/۶۴	۲۱/۶۷	۰/۰۰۰۱
β_{KE}	-۰/۰۳	-۷/۴۱	۰/۰۰۰۱	K-ar(1)	۰/۵۱	۲۴/۰۰	۰/۰۰۰۱
β_{KF}	۰/۰۰۲	۰/۲۸	۰/۷۸	λ	۰/۰۷	۷/۰۱	۰/۰۰۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶ پارامترهای براورد شده الگوی سیستم معادلات را به روش اثرات تصادفی نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، به جز ۳ پارامتر، بقیه‌ی ضرایب در سیستم معادلات معنی دار است. ضرایب مربوط به لگاریتم قیمت نهاده‌های تولید مثبت و معنی دار بوده و بنابراین، با افزایش قیمت نهاده‌های تولیدی هزینه تولید افزایش می‌یابد. ضریب مربوط به تغییرات تکنولوژیکی (زمان) منفی و معنی دار است، به این معنی که در طول زمان و همراه با تغییرات تکنولوژیکی هزینه تولید کاهش می‌یابد. ضرایب مربوط به توان اول و دوم لگاریتم تولید به ترتیب برابر با ۲/۷ و -۰/۵۵ است، به این معنی که با افزایش تولید و گسترش فعالیت‌های تولید هزینه افزایش می‌یابد و این افزایش کاهنده است. ضرایب توان اول و دوم لگاریتم موجودی سرمایه به ترتیب برابر با ۰/۷ و -۰/۱۹ است، به این معنی که با افزایش موجودی سرمایه هزینه تولید افزایش می‌یابد و این افزایش کاهنده است. ضریب متغیر سرمایه گذاری خالص درتابع هزینه تعديل بوده و برابر با ۱/۷ به دست آمده است. این ضریب معنی دار بوده و نشان می‌دهد که با افزایش سرمایه گذاری به میزان یک واحد هزینه‌ی تعديل به میزان بیش از یک واحد افزایش می‌یابد.

حال، می‌توان کشش‌های قیمتی خودی و مقاطع، کشش‌های تولیدی و پیشرفت فنی و همچنین، ضریب تعدیل را به دست آورد. بنابراین، در ادامه به طور مشروح به تحلیل تغییرات قیمت‌های عوامل تولید، تولید، تغییرات تکنولوژیکی و همچنین موجودی سرمایه می‌پردازیم.

جدول ۷ کشش‌های قیمتی خودی و مقاطع نهاده‌های تولید را در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند‌مدت نشان می‌دهد. کشش‌های قیمتی تغییرات تقاضای نهاده‌ها را در واکنش به تغییرات قیمت نهاده‌ها نشان می‌دهد. کشش‌های قیمتی خودی در هر سه دوره‌ی زمانی مطابق انتظار علامت منفی دارند. در کوتاه‌مدت نهاده نیروی کار دارای بیشترین کشش قیمتی (-0.31) است، یعنی در صورت افزایش قیمت نهاده‌های تولید به میزان یک واحد، در واکنش به افزایش قیمت خودشان، تقاضای نیروی کار بیش از تقاضای دو نهاده‌ی دیگر کاهش می‌یابد.

جدول ۲: کنش‌های قیمتی خودی و متقاطع در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند‌مدت

		F	E	L	K
کوتاه‌مدت	F	-۰/۲۵ (۰/۱۴)*	۰/۱۱ (۰/۰۶)	۰/۱۴ (۰/۱۳)	
	E	۰/۰۹ (۰/۰۹)	-۰/۲۵ (۰/۱۳)	۰/۱۶ (۰/۱۸)	
	L	۰/۱۶ (۰/۰۸)	۰/۱۴ (۰/۱۷)	-۰/۳۱ (۰/۰۲)	
	K				
میان‌مدت	F	-۰/۲۵ (۰/۱۴)	۰/۱۰ (۰/۰۴)	۰/۱۸ (۰/۱۳)	-۰/۰۲ (۰/۰۰۶)
	E	۰/۰۹ (۰/۰۹)	-۰/۲۵ (۰/۱۳)	۰/۱۶ (۰/۱۳)	-۰/۰۰۶ (۰/۰۰۶)
	L	۰/۱۵ (۰/۰۸)	۰/۱۴ (۰/۱۷)	-۰/۳۱ (۰/۰۲)	۰/۰۸ (۰/۰۲)
	K	-۰/۰۰۳ (۰/۰۰۲)	۰/۰۰۶ (۰/۰۰۲)	۰/۰۵ (۰/۰۱)	-۰/۰۵ (۰/۰۱)
بلند‌مدت	F	-۰/۲۵ (۰/۱۵)	۰/۰۸ (۰/۰۶)	۰/۴۲ (۰/۱۶)	-۰/۲۵ (۰/۰۷)
	E	۰/۰۹ (۰/۰۹)	-۰/۲۹ (۰/۱۳)	۰/۲۸ (۰/۲۱)	-۰/۰۸ (۰/۰۸)
	L	۰/۱۵ (۰/۰۷)	۰/۱۳ (۰/۱۷)	-۰/۳ (۰/۰۲)	۱/۰۷ (۰/۰۹)
	K	-۰/۰۰۴ (۰/۰۰۱)	-۰/۰۸ (۰/۰۲)	۰/۶۶ (۰/۱)	-۰/۷۳ (۰/۱۱)

*: اعداد داخل پرانتز انحراف معیار است. منبع: یافته‌های پژوهش

در میان‌مدت که پس از یک دوره تعديل نهاده‌ی سرمایه صورت گرفته است، کنش‌های قیمتی خودی سه نهاده‌ی نیروی کار، الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی چندان تفاوتی با کوتاه‌مدت ندارند چرا که ضریب تعديل به دست آمده برای سرمایه بسیار کوچک و برابر با $0/07$ است. پس از این که سرمایه تعديل شد، نهاده‌ی سرمایه یک نهاده متغیر شده و مثل نهاده‌های دیگر می‌توان کنش قیمتی خودی و متقاطع

برای آن تعریف کرد. کشش قیمتی خودی سرمایه در میان‌مدت برابر با -0.05 است که نشان از حساسیت کم سرمایه نسبت به تغییر قیمت خودش دارد.

در بلندمدت، اندکی حساسیت موجودی سرمایه نسبت به تغییرات قیمت خودش افزایش یافته است. در بین نهاده‌ها، موجودی سرمایه بیشترین حساسیت را نسبت به قیمت خودش دارد (-0.07). افزایش در حساسیت تقاضای سرمایه نسبت به تغییر قیمت خودش در بلندمدت به این دلیل است که در این دوره زمانی تعديل موجودی سرمایه کامل می‌شود.

کشش‌های قیمتی متقاطع حساسیت تقاضای یک نهاده نسبت به تغییرات قیمت نهاده‌ی دیگر را نشان می‌دهند. اگر علامت این کشش مثبت باشد، نشانگر جانشین بودن آن دو نهاده با یکدیگر است و اگر منفی باشد، نشانگر مکمل بودن آن دو نهاده است. در کوتاه‌مدت سه نهاده‌ی نیروی کار، الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی با یکدیگر جانشین بوده و مقدار کشش قیمتی نشان‌دهنده‌ی حساسیت کم تقاضای این سه نهاده نسبت به تغییرات قیمت نهاده‌ی دیگر دارد.

کشش‌های قیمتی متقاطع در میان‌مدت که پس از تعديل سرمایه به دست آمده است، تفاوت چندانی با کشش‌های قیمتی متقاطع در کوتاه‌مدت ندارد. همان‌طور که بیان شد دلیل این امر پایین بودن ضریب تعديل موجودی سرمایه است. کشش قیمتی متقاطع نهاده‌ی سرمایه با دو نهاده‌ی الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی نشان از مکمل بودن این نهاده‌ها دارد. حساسیت تقاضای سرمایه نسبت به تغییر قیمت الکتریسیته (-0.006) کمتر از حساسیت تقاضای سرمایه نسبت به تغییر قیمت دیگر حامل‌های انرژی (-0.02) است. کشش قیمتی متقاطع سرمایه با نیروی کار نشان از جانشین بودن این دو نهاده دارد.

در بلندمدت، کشش‌های قیمتی متقاطع تفاوت محسوسی با کشش‌های میان‌مدت و کوتاه‌مدت دارند. حساسیت تقاضای نهاده‌ها نسبت به تغییر قیمت یکدیگر افزایش یافته است. در بلندمدت موجودی سرمایه به طور کامل تعديل شده و سرمایه جدید در فرایند تولید قرار می‌گیرد. بنابراین، حساسیت تقاضای نهاده‌ها نسبت به تغییرات قیمت بر یکدیگر تأثیر می‌گذارد.

جدول ۸ کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع آلن را در سه دوره‌ی زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت نشان می‌دهد. ارزیابی کشش‌های جانشینی آلن از مکمل یا جانشین بوده نهاده‌ها به طور کامل منطبق بر معیار کشش قیمتی متقاطع بوده و بنابراین، هیچ مطلب جدیدی را در این زمینه بیان نمی‌کند. تنها تفاوت بین این دو معیار در مقادیر عددی کشش‌ها است.

جدول ۸: کشش‌های جانشینی آلن در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند‌مدت

		F	E	L	K
کوتاه‌مدت	F	-۰/۶۱ (۲/۲۹)*	۰/۲۸ (۰/۲۴)	۰/۳۲ (۲/۱۲)	
	E	۰/۲۷ (۰/۲۴)	-۰/۷۲ (۰/۳۹)	۰/۴۳ (۰/۴۹)	
	L	۰/۴۶ (۰/۱۸)	۰/۴۰ (۰/۴۷)	-۰/۹۴ (۰/۱۵)	
میان‌مدت	F	-۰/۶۱ (۲/۲۹)	۰/۲۸ (۰/۲۴)	۰/۴۵ (۲/۰۸)	-۰/۰۵ (۰/۰۱)
	E	۰/۲۹ (۰/۲۴)	-۰/۷۳ (۰/۳۸)	۰/۴۶ (۰/۴۹)	-۰/۰۲ (۰/۰۲)
	L	۰/۴۶ (۰/۱۸)	۰/۴۳ (۰/۴۷)	-۰/۹۴ (۰/۱۵)	۰/۲۵ (۰/۰۸)
	K	-۰/۰۰۱ (۰/۰۰۱)	۰/۰۳ (۰/۰۲)	۰/۲۵ (۰/۱۸)	-۰/۲۷ (۰/۲۱)
بلند‌مدت	F	-۰/۶ (۲/۲۵)	۰/۲۱ (۰/۲۴)	۱/۱۵ (۲/۱۲)	-۰/۷۶ (۰/۱۲)
	E	۰/۲۹ (۰/۲۳)	-۰/۸۶ (۰/۳۵)	۰/۳۹ (۰/۵۶)	-۰/۲۳ (۰/۲۶)
	L	۰/۴۶ (۰/۱۸)	۰/۳۸ (۰/۴۸)	-۰/۹۱ (۰/۱۵)	۳/۳۱ (۰/۸۹)
	K	-۰/۰۲ (۰/۰۱)	-۰/۴ (۰/۳۲)	۳/۲۲ (۲/۳۶)	-۳/۵۹ (۲/۶۶)

*: اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند. منبع: یافته‌های پژوهش

به طور معمول کشش جانشینی آلن متقاضن است، یعنی کشش قیمتی تقاضای نهاده‌ی اول نسبت به تغییر قیمت نهاده‌ی دوم برابر است با کشش قیمتی نهاده‌ی دوم نسبت به تغییر قیمت نهاده‌ی اول. اندک تفاوتی که در جدول ۱۹-۴ مربوط به کشش‌های آلن دیده می‌شود، به این دلیل است که در محاسبه‌ی این کشش‌ها از متوسط سهم‌های هزینه‌ی نهاده‌ها استفاده نشده است. این کشش‌ها ابتدا برای تمامی صنایع در سال‌های مختلف محاسبه شده و سپس، متوسط کشش‌های به دست آمده در این جدول ثبت شده‌اند.

آنچه از این جدول پیداست، جانشین بودن نهاده‌های نیروی کار، الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی با یکدیگر در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت است. نهاده‌ی سرمایه با دو نهاده‌ی الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی مکمل بوده و با نیروی کار جانشین است.

جدول ۹ کشش‌های تولیدی نهاده‌ها در سه دوره‌ی زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت را نشان می‌دهد. کشش تولیدی بیانگر این است که تقاضای نهاده‌ها نسبت به تغییرات تولید چه واکنشی دارند.

با توجه به جدول ۹ کشش‌های تولیدی الکتریسیته، دیگر حامل‌های انرژی و سرمایه در هر سه دوره‌ی زمانی مثبت است، به این معنی که با گسترش فعالیت‌های تولیدی تقاضای این نهاده‌ها افزایش می‌یابد. کشش تولیدی نیروی کار منفی است. با حرکت از دوره‌ی کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت کشش تولیدی نهاده‌های الکتریسیته، دیگر حامل‌های انرژی و سرمایه و نیروی کار اندکی حساس تر شده‌اند.

جدول ۹: کشش‌های تولیدی نهاده‌ها در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت

	F	E	L	K
کوتاه‌مدت	.۰/۰۶۵ (۰/۰۳) [*]	.۰/۱۶۳ (۰/۰۳)	-۰/۲۲۸ (۰/۰۵)	
میان‌مدت	.۰/۰۶۶ (۰/۰۳)	.۰/۱۶۴ (۰/۰۳)	-۰/۰۲۳ (۰/۰۵)	.۰/۰۰۴ (۰/۰۰۲)
بلندمدت	.۰/۰۶۸ (۰/۰۳)	.۰/۱۶۸ (۰/۰۳)	-۰/۰۲۳۶ (۰/۰۶)	.۰/۰۴۸ (۰/۰۳)

*: اعداد داخل پرانتز انحراف استاندارد است.

منع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۰ کشش‌های پیشرفت فنی نهاده‌ها را در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت نشان می‌دهد. کشش پیشرفت فنی بیانگر این است که تقاضای نهاده‌ها چه واکنشی نسبت به تغییرات تکنولوژیکی دارد. کشش‌های پیشرفت فنی نهاده‌های الکتریسیته، دیگر حامل‌های انرژی و سرمایه در هر سه دوره‌ی زمانی مثبت است، به این معنی که با تغییرات تکنولوژیکی تقاضای این سه نهاده افزایش می‌یابد. کشش پیشرفت فنی الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی در حرکت از کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت کمایش ثابت باقی مانده است. در حالی که کشش پیشرفت فنی سرمایه حساس تر شده است (از ۰/۰۰۲ در میان‌مدت به ۰/۰۰۴ در بلندمدت رسیده است). کشش پیشرفت فنی نیروی کار منفی بوده و در بلندمدت حساس تر از کوتاه‌مدت و میان‌مدت است. با تغییرات تکنولوژیکی تقاضای نیروی کار کاهش یافته است.

جدول ۱۰: کشش‌های پیشرفت فنی نهاده‌ها در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند‌مدت

	F	E	L	K
کوتاه‌مدت	.۰/۰۰۵ (.۰/۰۰۲)	.۰/۰۰۵ (.۰/۰۰۱)	-.۰/۰۱ (.۰/۰۰۲)	
میان‌مدت	.۰/۰۰۵ (.۰/۰۰۲)	.۰/۰۰۵ (.۰/۰۰۱)	-.۰/۰۱۲ (.۰/۰۰۲)	.۰/۰۰۲ (.۰/۰۰۱)
بلند‌مدت	.۰/۰۰۶ (.۰/۰۰۳)	.۰/۰۰۳ (.۰/۰۰۱)	-.۰/۰۳ (.۰/۰۱)	.۰/۰۲ (.۰/۰۱)

*: اعداد داخل پرانتز انحراف استاندارد می‌باشند.

منبع: یافته‌های پژوهش

برای بررسی تأثیر مقیاس رشته‌ی فعالیت‌ها در ترکیب بهینه‌ی عوامل تولید، از آزمون هموتیک بودن تابع هزینه استفاده شده است. اگر تابع هزینه دارای ساختار هموتیک باشد، به این معنی است که ترکیب بهینه‌ی عوامل از مقیاس رشته‌ی فعالیت‌ها تأثیر نمی‌پذیرد. هر تابعی که بتواند تابعی صعودی و یکنواخت از یک تابع همگن باشد، تابع هموتیک گفته می‌شود. بنابراین، همگنی حالت خاصی از هموتیک بودن است. در تابع ترانسلوگ صفر بودن هم‌زمان ضرایب جملات تأثیرات متقابل تولید و قیمت نهاده‌ها نشان دهنده‌ی هموتیک بودن تابع هزینه است. با توجه به آماره‌ی آزمون نسبت راستنمایی، فرض هموتیک بودن تابع هزینه رد می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب بهینه‌ی عوامل تولید از مقیاس رشته‌ی فعالیت‌ها متأثر است. بازدهی ثابت نسبت به مقیاس نشان دهنده‌ی این است که افزایش تولید باید به افزایش هزینه به همان میزان منجر شود، یعنی کشش بلند‌مدت هزینه نسبت به تولید برابر یک باشد. آماره‌ی آزمون کای مرربع مربوط به آزمون بازدهی ثابت نسبت به مقیاس بیانگر رد شدن این فرض است.

جدول ۱۱ نتایج آزمون هموتیک بودن و بازدهی ثابت نسبت به مقیاس را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱: آزمون محدودیت‌ها

سطح احتمال	مقدار آماره کای مرربع χ^2	نوع آزمون
.۰.۰۰۰۱	۷۶.۷۵	هموتیک بودن
.۰.۰۰۰۱	۱۹۳.۰۷	بازدهی ثابت نسبت به مقیاس

منبع: یافته‌های پژوهش

کشش بلندمدت هزینه نسبت به تولید در جدول ۱۲ نشان داده شده است. کشش هزینه نسبت به تولید یک اندازه‌گیری برای صرفه‌های ناشی از مقیاس است. هرگاه، کشش بلندمدت هزینه نسبت به تولید بزرگ‌تر از واحد باشد، شواهدی از عدم صرفه‌های اقتصاد بوده و اگر این کشش کوچک‌تر از واحد باشد، صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود خواهد داشت. با توجه به جدول، کشش هزینه نسبت به تولید برابر با $1/13$ بوده و معنی دارد. این کشش بزرگ‌تر از واحد بوده و یافته‌گر نبود صرفه‌های ناشی از مقیاس در صنایع کارخانه‌ای ایران است.

جدول ۱۲: کشش هزینه نسبت به تولید در بلندمدت

۱/۱۳۵ (۰/۰۷)*	کشش هزینه نسبت به تولید
------------------	-------------------------

*: عدد داخل پرانتز انحراف استاندارد می‌باشد.

منبع: یافته‌های پژوهش

-۸- نتیجه‌گیری

- ضریب تعديل موجودی سرمایه در صنایع کارخانه‌ای ایران بسیار اندک و برابر با $0/09$ است، که نشان از پایین بودن سرعت تعديل موجودی سرمایه در جهت تعادل بلندمدت دارد. یعنی، در هر دوره تنها 9% از موجودی سرمایه‌ی دوره‌ی قبل برای دوره‌ی بعد تعديل و استفاده می‌شود.
- کشش جانشینی آلن نشان دهنده‌ی جانشین بودن نهاده‌های نیروی کار، الکتریستیه و دیگر حامل‌های انرژی با یکدیگر در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت است. نهاده‌ی سرمایه با دو نهاده‌ی الکتریستیه و دیگر حامل‌های انرژی مکمل بوده و با نیروی کار جانشین است. با حرکت از کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت کشش‌های جانشینی آلن حساس‌تر شده که به معنی افزایش جانشینی و مکملی نهاده‌هاست.
- کشش‌های تولیدی الکتریستیه، دیگر حامل‌های انرژی و سرمایه در هر سه دوره‌ی زمانی مثبت است، به این معنی که با گسترش فعالیت‌های تولیدی تقاضای این نهاده‌ها افزایش می‌یابد. کشش تولیدی نیروی کار منفی است. یعنی، صنایع به سمت تکنولوژی‌های سرمایه‌بر حرکت کرده است.
- کشش‌های پیشرفت فنی نهاده‌های الکتریستیه، دیگر حامل‌های انرژی و سرمایه در هر سه دوره‌ی زمانی مثبت است، به این معنی که با تغییرات تکنولوژیکی تقاضای این سه نهاده افزایش می‌یابد. کشش پیشرفت فنی نیروی کار منفی بوده و در بلندمدت حساس‌تر از کوتاه‌مدت و میان‌مدت است. با تغییرات تکنولوژیکی تقاضای نیروی کار کاهش یافته است.

۵- آزمون نسبت راستنمایی نشان داد که تابع هزینه هموتوئیک نیست. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب بهینه‌ی عوامل تولید از مقیاس رشته فعالیت‌ها متأثر است. همچنین، این آزمون نشان داد که در صنایع کارخانه‌ای ایران بازدهی ثابت نسبت به مقیاس وجود ندارد. این امر در بررسی کشش بلندمدت هزینه نسبت به تولید نیز قابل مشاهده بود. این کشش نشان داد که با افزایش یک واحد تولید، هزینه به میزان بیش از یک واحد افزایش می‌یابد. بنابراین، در صنایع کارخانه‌ای ایران بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس وجود دارد.

منابع

- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۳)، اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر رشد اقتصادی و بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای ایران، رساله‌ی دکتری دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه‌ی طباطبائی.
- حیدری، ابراهیم (۱۳۸۵)، تخمین توابع تقاضای کوتاه مدت و بلندمدت عوامل تولید در بخش صنعت ایران، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۷۶، آذر و دی، ۱۴۳-۱۵۶.
- رنجبر فلاح، محمد رضا (۱۳۷۹)، الگوی جامع تقاضای انرژی در ایران، پایان نامه‌ی دکترای علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس.
- زراء‌نژاد، منصور انصاری، الهه (۱۳۸۶)، اندازه‌گیری بهره‌وری سرمایه در صنایع بزرگ استان خوزستان، فصلنامه‌ی بررسی‌های اقتصادی. شماره‌ی ۴، ص ۲۶-۱.
- مرکز آمار ایران (نشریات)، نتایج آمار گیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۶.

- Arnberg, S. and T.B. Burner (2007), Substitution between energy, capital and labor within industrial companies; A micro panel data analysis, Resource and energy economics, Volume 29, Issue 2, May (2007), pages 122-136.
- Balestra, P., and M. Nerlove, (1966), Pooling Cross Section and Time Series Data in the Estimation of a Dynamic Model: The Demand for Natural Gas, Econometrica, 3, 585-612.
- Berndt, E.R., M.A. Fuss and L. Waverman, (1977), Dynamic models of the industrial demand for energy Research report EA-580, Electric Power Research Institute, Palo Alto CA.
- Berndt, E.R., M.A. Fuss and L. Waverman, (1980), Dynamic Adjustment models of industrial energy demand: empirical analysis for US manufacturing, (1947-1974) Research report EA-1613, Electric Power Research Institute, Palo Alto CA.
- Berndt E.R., and B.C., Field, (1981) Modeling and Measuring Natural Resource Substitution MIT Press.

- Berndt, E.R., and D.M. Hesse, (1986), Measuring and Assessing Capacity Utilization in the Manufacturing Sector of Nine OECD Countries, *European Economic Review*, 30, 961-989.
- Berndt, E.R., C.J. Morrison and G.C. Watkins, (1981), Dynamic Models of energy demand: An Assessment and Comparison, in: E.R. Berndt and B.C. Fields, eds., *Modelling and Measuring Natural Resource Substitution*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Berndt, E.R., and D.O. Wood, (1975), Technology, prices and the derived demand for energy, *Review of Economics and Statistics*, 57 (3), 259-268.
- Binswanger, H., (1974), A Cost Function Approach to the Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitutions, *American Journal of Agricultural Economics*, 56, 377-386.
- Blackorby, C., and E.R. Russell, The Morishima Elasticity of Substitution: Symmetry, Constancy, and the Relationship to the Hicks and Allen Elasticities, *Review Economic Study*, in Press.
- Dargay, J., (1983), The Demand for energy in Swedish manufacturing, in: B.C. Ysander, ed., *Energy in Swedish manufacturing* The industrial institute for economic and social research, Stockholm.
- Denny, M., M.A. Fuss and L. Waverman, (1981), Substitution Possibilities for Energy; Evidence from US and Canadian Manufacturing Industry, in: E.R. Berndt and B.C. Fields, eds., *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution* MIT Press, Cambridge, MA.
- Eisner, R., R.H. Stortz, (1963), Determinants of Business Investment, in: D.B. Suites et al., eds., *Impacts of Monetary Policy*, Englewood Cliffs, N. J.
- Lee, Y.J., Nah, H.S., and Lee, D.S., (1994), A Study on Production Structure for the Japanese, Korean, and Taiwanese Manufacturing Industries: An Interrelated Factor Demand Model Approach, *Journal of Economic Development*, 19, no.1.
- Lucas, R.E., Jr., (1967), Optimal Investment Theory and the Flexible Accelerator *International Economic Review*, 8, no. 1, 78-85.
- Morana, C., (2007), Factor Demand Modelling: the Theory and the Practice, *Applied Mathematical Sciences*, 1, no. 31, 1519 –1549.
- Nadiri, M.I., and I. Purcha, (1999), Dynamic Factor Demand Models and Productivity Analysis, *Economic Research Reports*, C.V. Starr Center for Applied Economics.
- Pindyck, R.S., (1979), Interfuel Substitution and the Industrial Demand for energy: An International Comparison *Review of Economics and Statistics*, LXI, no. 2, 169-179.
- Treadway, A.B., (1969), On Rational Entrepreneurial Behavior and the Demand for Investment, *Review of Economic Studies*, 36, 227-239.
- Treadway, A.B., (1971), On the Multivariate Flexible Accelerator, *Econometrica*, 39, no.5.
- Treadway, A.B., (1974), The Globally Optimal Flexible Accelerator, *Journal of Econometric Theory*, 7, 17-39.

- Walfridson, B. (1987) A Dynamic models of factor demand: An Application to Swedish industry PHD Thesis, Goteborg University, Sweden.
- Watkins, G.C., (1991), Short- and long-run equilibria: Relationship Between First and Third Generation Dynamic Factor Demand Models, Energy economics, 13, 2-9.