تحلیل پویای تقاضای نهاده‌ی انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران*

علیمراد شریفی[1] کریم آذربایجانی[2]
ایرج کاظمی[3] ابوذر شاکری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹

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 تعدیل 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 حداکثر درستنمایی با اطلاعات کامل، این نتیجه گرفته شد که بین سرمایه، الکتریسیته و انرژی رابطه‌ی مکملی برقرار بوده و سرعت تعدیل 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، azarbaijani@yahoo.com
۳ - استادیار دانشگاه اصفهان، i_kazemi@yahoo.com
۴ - کارشناسی ارشد رشته‌ی توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، aboozar.shakeri@gmail.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

۱ـ مقدمه

یکی از بخش‌های بسیار مهم هر اقتصادی بخش صنعت است و در اقتصاد کنونی جهان بخش صنعت اصلی‌ترین 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 تقاضا تأثیری بسیار مهم در برنامه‌ریزی کشورها دارد و با توجه به این‌که 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 کارامد 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 CO_2 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.[1]

بنابراین، با توجه به این‌که جانشین و یا مکمل بودن دو نهاده‌ی انرژی و سرمایه باعث می‌شود که تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران اقتصادی ـ مبنی بر افزایش و یا کاهش قیمت انرژی ـ نتایجی متفاوت در برداشته باشد، باید این ارتباط را با روش‌ها و مدل‌های کارامدی تعیین کرد. از آنجا که مدل‌های ایستا بین دو دوره‌ی کوتاه‌مدت و بلندمدت تفاوتی نمی‌گذارد؛ 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 تعدیل 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.

1- Arenberg and Biorner, 2007

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

۲ـ مدل‌های پویای تقاضای نهاده

مدل‌های ایستا به طور ضمنی فرض می‌کنند که تمامی نهاده‌ها به طور آنی به سمت سطح تعادلی بلندمدت‌شان تعدیل می‌شوند. از این‌رو، مدل‌های ایستای تقاضای نهاده نمی‌توانند به درستی رفتار اقتصادی واقعی را نشان دهند. در حقیقت، نپذیرفتن محدودیت‌های اقتصادی (همگنی قیمت و تقارن) یا همبستگی پی‌درپی باقی‌مانده‌ها، محدودیت‌هایی به‌وجود می‌آورد که هر دو به وجود آمدن نشانه‌هایی از ناپویایی است. (مورنا[1]، ۲۰۰۷)

مدل‌های پویای تقاضای نهاده با این هدف معرفی شدند که بتوانیم مشکلات بالا را حل کنیم. مدل‌های پویای نسل اول و دوم از سوی نادری و روزن[2] (۱۹۶۹) معرفی شدند. لوکاس[3] (۱۹۶۷) نسل سوم مدل‌های پویای تقاضای نهاده را معرفی کرد، و برای نخستین بار فرایند تعدیل را به صورت تئوری بیان کرد. پس از این، به ویژه در دهه‌ی ۱۹۸۰، مفاهیمی جدید برای مدل‌های تقاضای نهاده نسل دوم و سوم تعریف شد.

مدل‌های نسل اول در اصل مدل‌های تک معادله‌ای هستند که از تعدیل جزئی کویک[4] استفاده می‌کنند. تأثیر تئوری اقتصاد در این مدل‌ها محدود شده و تعامل با دیگر نهاده‌ها حذف شده است. مدل‌های نسل دوم آشکارا تقاضای نهاده‌های مرتبط به هم را با واکنش تقاضای کوتاه‌مدت بنگاه ادغام می‌کند؛ اما، تأثیر تئوری اقتصاد هنوز محدود است (در تأثیر نهاده‌های اقتصادی در مسیر زمانی تعدیل[5] از کوتاه‌مدت به بلندمدت به صورت آشکار بیان نشده است). مدل‌های نسل سوم آشکارا شامل بهینه‌سازی پویا می‌شوند و در نتیجه، کشش‌های قیمتی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت را به دست می‌دهد. ویژگی عمده‌ی مدل‌های نسل سوم این است که میزان ظرفیت بهره‌برداری[6] تعریف شده و به‌وجود آید.

۲-۱- مدل‌های پویای نسل سوم تقاضای نهاده

ویژگی کلیدی مدل‌های پویای تقاضای نهاده‌ی نسل سوم، معرفی هزینه‌های تعدیل برای نهاده‌های شبه‌ثابت است. ایزنر و استورتز[7] (۱۹۶۳) برای نخستین بار وقفه‌های تعدیل را بر این اساس که افزایش و انباشت سرمایه سریع‌تر اتفاق می‌افتد، معرفی کردند. لوکاس[8] (۱۹۶۳) نتایج ایزنر و استورتز را به وضعیت نهاده‌های شبه‌ثابت چندگانه تعمیم داد. در الگوی وی، توابع هزینه‌ی تعدیل متناسب با سرمایه‌گذاری خالص در نهاده‌های شبه‌ثابت تعریف شده‌است.[9] از سوی دیگر، گولد[10] (۱۹۶۸) و لوکاس (۱۹۶۷) توابع هزینه‌ی تعدیل 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

۹- توابع هزینه‌ی تعدیل بیان کننده‌ی مجموع هزینه‌های خرید و هزینه‌های استقرار نهاده‌های جدید است.

10- Gould

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

متناسب با سرمایه‌گذاری ناخالص، به عنوان هزینه‌ی جایگزین، تعریف کردند. در نهایت، تریدوی[1] (۱۹۶۹) هزینه‌های تعدیل را به صورت قیدی که به تابع هزینه افزوده می‌شود، معرفی کرد. هزینه‌ی تعدیل به صورت سرمایه گذاری خالص($\dot{x}$) وارد تابع تولید (هزینه) می‌شود ($Y = f(x, \dot{x}, v, t)$).

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 روبه‌رو است که عوامل متغیر $v = (v_j), j=1,\ldots,m$ در قیمت $\overline{w} = (\overline{w}_j)$ خریداری می‌شود و عوامل شبه‌ثابت $x = (x_i), i=1,\ldots,n$ در قیمت‌های $q = (\overline{q}_i)$. امکانات تولیدی بنگاه در دورهٔ t با تابع تولید شبه‌مقعر زیر بیان می‌شود:

$$Q(t) = F(v(t), x(t), t) \qquad (۱)$$

براساس تئوری دوگانگی بین هزینه و تولید، تکنولوژی حداقل کردن هزینه بنگاه را می‌توان با تابع هزینه‌ی مقید نرمال شده[2] به صورت زیر نشان داد:

$$C(t) = \sum_j v_j w_j = G(Q(t), w(t), x(t), t) \qquad (۲)$$

که $w_j = \overline{w}_j / \overline{w}_1$ قیمت عامل j نرمال شده بوسیله‌ی قیمت عامل ۱ است.

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

$$v_j = \frac{\partial G}{\partial w_j} \qquad j = 2,\ldots,m \qquad (۳)$$

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

$$v_1 = G - \sum_{j=2}^{m} w_j \frac{\partial G}{\partial w_j} \qquad (۴)$$

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

$$-\frac{\partial G}{\partial x_i} = r_i \qquad (۵)$$

1- Treadway
2- Normalized restricted cost function

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

تعدیل موجودی عوامل شبه‌ثابت هزینه‌هایی به بنگاه تحمیل می‌کند. این هزینه‌ها به دو صورت می‌تواند باشد: هزینه‌ی خرید یا سرمایه‌گذاری و هزینه‌ی تعدیل. فرض بر این است که هزینه‌ی تعدیل نهایی تابعی فزاینده از سرمایه‌گذاری باشد.

همچنین، فرض می‌کنیم که نهاده‌ی شبه‌ثابت x_i با نرخ δ_i مستهلک می‌شود؛ یعنی، این‌که به منظور افزایش موجودی به $\dot{x}_i$ بنگاه باید $\dot{x}_i + \delta_i x_i$ واحد موجودی جدید بخرد.

در بلندمدت بنگاه ارزش فعلی مجموع هزینه‌های عوامل متغیر، هزینه‌های خرید عوامل شبه‌ثابت و هزینه‌های تعدیل را حداقل می‌کند. در واقع، مسأله‌ی بهینه‌سازی که باید حداقل شود، به صورت زیر بیان می‌شود:

$$L(0) = \int_0^{\infty} e^{-rt}[G(t) + \sum_i\{q_i(\dot{x}_i + \delta_i x_i) + D_i(\dot{x}_i)\}]dt \qquad (۶)$$

که r نرخ بهره و q_i قیمت نرمال شده‌ی i امین نهاده‌ی شبه ثابت است. می‌توان این رابطه را به صورت زیر نوشت:

$$L(0) = \sum_i q_i x_i(0) + \int_0^{\infty} e^{-rt}[G(t) + \sum_i u_i x_i + \sum_i D_i(\dot{x}_i)]dt \qquad (۷)$$

که $u_i = q_i(r + \delta_i)$ هزینه‌ی فرصت نرمال‌شده‌ی i امین نهاده‌ی شبه ثابت، r نرخ بهره و q_i قیمت نرمال‌شده‌ی i امین نهاده‌ی شبه ثابت است. نخستین عبارت سمت راست رابطه (۷) ارزش اولیه موجودی نهاده‌ی شبه‌ثابت بوده و مقداری ثابت است؛ بنابراین، در فرایند بهینه سازی وارد نمی‌شود. حداقل کردن این رابطه با توجه به متغیر وضعیت x_i و متغیر کنترل $\dot{x}_i$ می‌تواند با تابع هامیلتون به این صورت بیان شود:

$$H(x, \dot{x}, \lambda, t) = e^{-rt}[G(t) + \sum_i u_i x_i + \sum_i D_i(\dot{x}_i)] + \lambda \dot{x}_i \qquad (۸)$$

مشروط لازم برای حداقل کردن این رابطه عبارت است از:

$$\frac{\partial H}{\partial \dot{x}} = 0 \rightarrow e^{-rt} D_i'(\dot{x}_i) + \lambda = 0, \quad \dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial x} = -e^{-rt} G_x - e^{-rt} u_i \qquad (۹)$$

اگر از قسمت اول رابطه (۹) نسبت به زمان دیفرانسیل گرفته و با قسمت دوم این رابطه ترکیب کنیم، به رابطه‌ی زیر می‌رسیم:

$$-\frac{\partial G}{\partial x_i} - u_i - rD_i'(\dot{x}_i) + D_i''(\dot{x}_i)\frac{d\dot{x}_i}{dt} = 0 \qquad (۱۰)$$

در وضعیت رشد مداوم (حالت پایا)[1] داریم: $\dot{x}_i = \frac{d\dot{x}_i}{dt} = 0$، بنابراین:

1- Steady state

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

$$-\frac{\partial G}{\partial x_i}-u_i-rD_i^{'}(0)=0 \qquad (۱۱)$$

تقاضای بهینه برای عوامل شبه‌ثابت از حل این مجموعه معادلات به دست می‌آید که با x_i^* مشخص شده‌است. تریدوی[1] (۱۹۷۴، ۱۹۷۱) نشان داد که این معادلات تقاضا برای عوامل شبه‌ثابت می‌تواند برای تعادل بلندمدت در یک سیستم معادلات خطی دیفرانسیلی به صورت زیر تقریب زده شود:

$$\dot{x}=B^*(x^*-x) \qquad (۱۲)$$

B^* ماتریس ضرایب تعدیل است.

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

$$B^*=\lambda=-1/2\,(r-\left[r^2+\frac{4G_{KK}}{D^{''}(0)}\right]^{1/2}) \qquad (۱۳)$$

λ همان ضریب تعدیل بود که تابعی کاهنده از نرخ تنزیل است.

۳ـ مروری بر پژوهش‌های پیشین

۳ـ۱ـ پژوهش‌های خارجی

مدل‌های پویای نسل سوم در اواخر دهه‌ی ۱۹۶۰، با مطالعات لوکاس، گولد و تریدوی معرفی شدند. پس از این در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰، برنت، فاس و ویورمن (۱۹۸۰، ۱۹۷۷) این مدل را گسترش دادند. برنت، موریسون و واتکینز (۱۹۸۱) در مطالعه‌ای با عنوان *مدل‌های پویای تقاضای انرژی: براورد 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 می رود. مدل‌های پویای نسل دوم نیز ویژگی‌های جذابی دارند، از جمله:

۱ـ معادلات تقاضای کوتاه‌مدت برای عوامل متغیر به دست می‌آید که نه تنها به قیمت آن‌ها بلکه به مقدار نهاده‌ی ثابت در کوتاه مدت نیز بستگی دارد. این روش فرایند عدم تعادلی به هم وابسته را مشخص می کند.

۲ـ معادلات تقاضای بلندمدت برای عوامل متغیر و ثابت به دست می‌آیند.

۳ـ با استفاده از تابع هزینه‌ی متغیر مقید کوتاه‌مدت می‌توان به لحاظ اقتصادی اندازه‌ی معناداری از ظرفیت بهینه به‌دست آورد.

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

1. Treadway

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

۱ـ در یک زمان مشخص به وضوح نمی‌توان گفت که کدام عامل متغیر و کدام‌یک ثابت است.

۲ـ با وجود این‌که کشش‌های قیمتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست می‌آید، نمی‌توان بازه‌ی زمانی مشخصی بین کوتاه‌مدت و بلندمدت تعریف کرد؛ مسیر تعدیل 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 تعدیل برای عوامل شبه ثابت است؛ که می‌توان آن‌ها را به دو صورت درونی و یا بیرونی در نظر گرفت.

والفریدسون[1] (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 تعدیل براورد شده‌ی موجودی سرمایه برای همه‌ی صنایع به طور معنی داری کم‌تر از واحد است (۰/۲)، و این نشان‌دهنده‌ی تعدیل 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 براوردشده، به ویژه برای نیروی کار و حامل‌های سوخت، همانند بلندمدت است.

لی و همکاران[2] (۱۹۹۴)، در پژوهشی ساختار تولید صنایع کارخانه‌ای سه کشور کره، ژاپن و تایوان را با استفاده از مدل‌های تقاضای نهاده‌ی 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 تعدیل 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 تعدیل درونی بهره گرفتند.

برای براورد ضرایب معادلات تقاضای عوامل متغیر و شبه ثابت از روش حداکثر درستنمایی با اطلاعات کامل[3] استفاده کرده‌اند. مهم‌ترین نتایجی که به دست آورده‌اند، عبارت است از:

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

1- Bo Walfridson
2- Y. J. Lee., H. S. Nah & D. S. Lee.
3- FIML

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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

۳ـ 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[1] (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 شبه‌ثابت و بهره‌وری پرداخته‌اند. آن‌ها توانستند با به‌کار بردن این مدل‌ها که بین عوامل شبه‌ثابت و متغیر به دلیل وجود هزینه‌های تعدیل 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:

۱ـ ضرایب تعدیل معنی داری به دست آوردند، ضریب تعدیل موجودی سرمایه‌ی فیزیکی ۰/۲ و سرمایه تحقیق و توسعه ۰/۱۵ بود. هزینه‌ی تعدیل هرکدام از انواع سرمایه، ۱۵٪ کل سرمایه‌گذاری ناخالص را تشکیل می‌داد.

۲ـ 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 شبه‌ثابت، موجودی سرمایه و R&D، در کوتاه‌مدت کوچک بوده و در طول زمان افزایش می‌یابد. کشش‌های قیمتی خودی، مطابق انتظار، همگی منفی بوده و کشش‌های قیمتی متقاطع نسبت به این‌که نرخ استهلاک درون‌زا باشد یا نباشد، حساس است.

آرنبرگ و بیورنر[2] (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 تصریح توابع هزینه به صورت ترانسلوگ[3] و لاجیت خطی[4] براورد کرده‌اند. برق، سرمایه‌ی ماشینی، نیروی کار و دیگر اشکال انرژی (که به‌طور عمده متشکل 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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

	P_1	P_2	P_3	P_4
برق (۱)	−۰/۲۱۴	۰/۰۴۲	۰/۳۷۵	−۰/۲۰۳
دیگر حامل‌های انرژی (۲)	۰/۰۶۳	−۰/۴۵	۰/۶۲۸	−۰/۲۴۲
نیروی کار (۳)	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۸۲	۰/۰۵۷
ماشین آلات (۴)	−۰/۰۶۱	−۰/۰۴۹	۰/۵۶۳	−۰/۴۵۳

منبع: یافته‌های پژوهش

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

	P_1	P_2	P_3	P_4
برق (۱)	−۰/۱۸۹	۰/۰۱۷	۰/۲۴۶	−۰/۰۷۵
دیگر حامل‌های انرژی (۲)	۰/۰۲۶	−۰/۲۳۳	۰/۲۹۱	−۰/۰۸۴
نیروی کار (۳)	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۵۲	۰/۰۳۸
ماشین آلات (۴)	−۰/۰۲۳	−۰/۰۱۷	۰/۳۷۴	−۰/۳۳۵

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.

۳ـ۲ـ مطالعات داخلی

تا کنون، 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 نامرتبط[1] براورد کرده است. توابع تقاضا در کوتاه مدت برحسب قیمت نهاده‌های متغیر و قیمت و مقدار نهاده‌ی شبه ثابت و

1- Seemingly Unrelated of Regression (SUR)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

سطح تولید بیان شده؛ ولی، در بلندمدت برحسب 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 نظرگرفته شده‌است.

کشش‌های متقاطع براورد شده نشان می‌دهد که میان نهاده‌ی انرژی و هرکدام از دو نهاده‌ی دیگر (نیروی کار و سرمایه)، امکان جایگزینی به‌نسبت محدودی وجود دارد. بنابراین، افزایش در قیمت هر کدام از نهاده‌ها، بر هزینه‌های تولید کوتاه مدت و بلندمدت در صنایع بزرگ ایران به‌صورت پایدار می‌افزاید. این موضوع در ارتباط با مصرف نهاده‌ی انرژی، بیانگر ضرورت تلاش برای صرفه‌جویی و بهبود بهره‌وری این نهاده 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 براورد سیستمی تقاضای انرژی به صورت دو مرحله‌ی است که در مرحلهٔ 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 براورد مدل از داده‌های کلی مربوط به بخش صنعت برای دوره‌ی (۱۳۷۶-۱۳۶۷)، 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 به‌دست‌آمده 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 صرفه جویی و تقلیل مصرف انرژی باشد، این امر به سهولت امکان‌پذیر نخواهد شد.

٤ـ 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

در اینجا با مدل هزینه‌ی تعدیل بیرونی[1] تابع تقاضای نهاده‌های متغیر و شبه‌ثابت 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:

$$Q = f(K, L, E, F, t) \qquad (۱۴)$$

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 شده‌است، 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:

$$C = G(Q, K, P_E, P_F, t) \qquad (۱۵)$$

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

$$D(\dot{K}) = \frac{1}{2}\delta_{kk}\dot{K}^2 \qquad (۱۶)$$

حال، فرض می‌کنیم تابع هزینه‌ی مقید نرمال شده ترانسلوگ[2] را به صورت زیر داریم:

$$\begin{aligned} lnG = {} & a_0 + a_T t + (a_Q + a_{QT}t)lnQ + (a_K + a_{KT}t)lnK + \\ & \sum(a_i + a_{iT}t)lnP_i + \sum \beta_{Qi} lnQ lnP_i + \sum \beta_{Ki} lnK lnP_i + \\ & \frac{1}{2}\sum\sum \beta_{ij}\, lnP_i lnP_j + \frac{1}{2}\beta_{QQ}(lnQ)^2 + \frac{1}{2}\beta_{KK}(lnK)^2 + \beta_{KQ} lnK lnQ \end{aligned} \qquad (۱۷)$$

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.

$$S_F = \frac{\partial lnG}{\partial lnP_F} = a_F + a_{FT}t + \sum \beta_{Fi} lnP_i + \beta_{KF} lnK + \beta_{QF} lnQ \qquad (۱۸)$$

$$S_E = \frac{\partial lnG}{\partial lnP_E} = a_E + a_{ET}t + \sum \beta_{Ei} lnP_i + \beta_{KE} lnK + \beta_{QE} lnQ \qquad (۱۹)$$

1- External Costs-of-adjustment Model
2- Berndt and Hesse (1986) and Walfridson, B., (1987)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

$$S_L = 1 - S_E - S_F \qquad (۲۰)$$

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

$$F = S_F \, {G}/{P_F} \qquad (۲۱)$$

$$E = S_E \, {G}/{P_E} \qquad (۲۲)$$

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

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

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

$$r_K \, {K}/{G} = S_K = -\frac{\partial G}{\partial K} K/G = -\frac{\partial lnG}{\partial lnK} = -(a_K + a_{KT}t + \sum \beta_{Ki} lnP_i + \beta_{KK} lnK + \beta_{KQ} lnQ \qquad (۲۴)$$

با فرض این‌که قیمت‌گذاری 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 براورد کنیم.

برای به دست آوردن معادله‌ی موجودی سرمایه‌ی بهینه در بلندمدت[۱] رابطه‌ی بالا را برای K^* مرتب می‌کنیم:

$$K^* = -({G^*}/{u_K})(a_K + a_{KT}t + \sum \beta_{Ki} lnP_i + \beta_{KK} lnK^* + \beta_{KQ} lnQ^*) \qquad (۲۵)$$

فرض می‌کنیم که قیمت مورد انتظار نهاده‌های نرمال شده با قیمت واقعی نهاده‌ها برابر باشد در حالی که تولید مورد انتظار در زمان t، 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:

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

اگر انباشت سرمایه را با فرایند تعدیل بیان شده در رابطه‌ی (۱۲) نشان دهیم:

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

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

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

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

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

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

این معادله همراه با معادلات تقاضا برای الکتریسیته، انرژی، تابع هزینه و سهم سرمایه سیستم معادلاتی را تشکیل می‌دهد که باید هم‌زمان براورد شود.

٤ـ۱ـ کشش‌های مربوط به تقاضای عوامل

در این بخش کشش‌های مربوط به حامل‌های انرژی را به دست می‌آوریم. کشش‌های بقیه عوامل به طور مشابه به دست می‌آید.

کشش‌های کوتاه‌مدت:

کشش‌های جانشینی:

$$\epsilon_{FF}^{S} = \beta_{FF}/S_F + S_F - 1 \qquad (۳۰)$$

کشش‌های تولیدی:

$$\epsilon_{FQ}^{S} = \frac{\partial F}{\partial Q} Q/_F = \beta_{QF}/S_F \qquad (۳۱)$$

کشش‌های میان‌مدت:

کشش‌های جانشینی:

$$\epsilon_{FF}^{M} = \epsilon_{FF}^{S} + \frac{\partial F}{\partial K}\lambda\frac{\partial K}{\partial P_F} P_F/_F = \epsilon_{FF}^{S} - \beta_{KF}\lambda\left(S_K - 1 + \beta_{KF}/_{S_K S_F}\right) \qquad (۳۲)$$

$$\epsilon_{KK}^{M} = \lambda\frac{\partial K}{\partial P_K} P_K/_K = \lambda(S_K - 1) \qquad (۳۳)$$

$$\epsilon_{KF}^{M} = \lambda\frac{\partial K}{\partial P_F} P_F/_K = \lambda\left(S_F(S_K - 1) - \beta_{KF}/_{S_K}\right) \qquad (۳۴)$$

کشش‌های تولیدی:

$$\epsilon_{FQ}^{M} = \epsilon_{FQ}^{S} + \frac{\partial F}{\partial K}\lambda\frac{\partial K}{\partial Q} Q/_F = \epsilon_{FQ}^{S} - \frac{\lambda\beta_{KQ}\beta_{KF}}{S_K S_F} \qquad (۳۵)$$

$$\epsilon_{KQ}^{M} = \lambda\frac{\partial K}{\partial Q} Q/_K = \frac{\lambda\beta_{KQ}}{S_K} \qquad (۳۶)$$

کشش‌های پیشرفت فنی (زمان):

$$\epsilon_{Ft}^{S} = \frac{\partial F}{\partial t} 1/_F = \alpha_{Ft}/S_F \qquad (۳۷)$$

$$\epsilon_{Ft}^{M} = \epsilon_{Ft}^{S} + \frac{\partial F}{\partial K}\lambda\frac{\partial K}{\partial t} 1/_F = \epsilon_{Ft}^{S} - \frac{\lambda\alpha_{KT}\beta_{KF}}{S_K S_F} \qquad (۳۸)$$

کشش‌های بلندمدت:

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

۵- براورد پارامترهای مدل

برای براورد مدل یک راه اینست که از براورد کننده‌های به ظاهر نامرتبط زلنر که به اختصار ZEF[1] نامیده می‌شود استفاده شود. حتی، اگر قیود بین معادلات هم نادیده گرفته شود باز هم به خاطر ارتباط هم‌زمان[2] بین اجزای اخلال معادلات باید گفت که ماتریس کواریانس اجزای اخلال غیر قطری 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 براوردکننده‌های سیستمی ZEF براوردهای 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 براورد مناسبی از ماتریس کواریانس اجزای اخلال Ω از براوردهای OLS کلیه معادلات استفاده می‌کند. سپس، با در نظر گرفتن این ماتریس Ω ی به دست آمده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) برای براورد پارامترهای مجموعه معادلات که به صورت مناسب با هم ادغام شده‌اند، استفاده می‌کند. در ادامه، می‌توان ماتریس کواریانس اجزای اخلال را با توجه به براوردهای GLS به دست آمده، به دست آورد و دوباره از آن برای تکرار فرایند براورد زلنر استفاده کرد. با تکرار این فرایند تغییر در پارامترها و Ω ی برآورد 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 پرامترها را نیز به دست آورد. کمنتا و گیلبرت[3] و درایمز[4] نشان داده‌اند که تکرار کردن روش براورد زلنر تا رسیدن به همگرایی براوردهای حداکثر درست نمایی از پارامترها را به دست می‌دهند. تکرار کردن فرایند زلنر یک روش محاسباتی[5] کارا برای به دست آوردن برآوردهای حداکثر درستنمای است و در این پژوهش نیز از این روش استفاده شده است.

۵ـ۱ـ انتخاب بین براورد 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 دهندگی مدل نسبت. در براورد سیستمی بهترین معیار برای اندازه‌گیری قدرت توضیح دهندگی الگو و خوبی برازش استفاده از لگاریتم درستنمایی سیستم معادلات براورد شده است. بنابراین، برای انتخاب روش براورد الگو از آزمون نسبت درستنمایی[6] استفاده می‌گردد.

1- Zellner Efficient Function
2 - Contemporaneosly Correlation
3- Kmenta & Gilbert
4- Dhrymes(1970)
5- Computationally
6- Likelihood Ratio Test

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

برای محاسبه‌ی آزمون نسبت درستنمایی (LR) ابتدا الگو به صورت اثرات ثابت با روش حداکثر درستنمایی با اطلاعات کامل[1] براورد شده و سپس، به صورت pooling با روش حداکثر درستنمایی براورد می‌شود. اگر مقادیر حداکثر کننده‌ی توابع لگاریتم درستنمایی الگوها به ترتیب با L0 و L1 نشان داده شود، آنگاه آماره‌ی آزمون نسبت درستنمایی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$LR= -2\,(\ln L0 - \ln L1) \qquad (۳۹)$$

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

فرض صفر این آزمون نبود اثرات فردی برای مقاطع (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 براورد 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)[2] بهترین آزمون، آزمون نسبت درستنمایی است. (والفریدسون[3]، ۱۹۸۷)

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

٦ـ 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 این‌که 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:

$$I_t = Ie^{\lambda t} \qquad (۴۰)$$

که در این رابطه I_T سرمایه‌گذاری 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

$$K_0 = \int I_t dt = \int I e^{\lambda t} dt = \frac{I}{\lambda} \qquad (۴۱)$$

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

$$\ln I_t = \ln I + \lambda t \qquad (۴۲)$$

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

$$K_t = K_{t-1} + I_t - \delta K_t \rightarrow K_t = \frac{K_{t-1} + I_t}{1+\delta} \qquad (۴۳)$$

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 عبات است از:

- قیمت سرمایه: قیمت سرمایه برابر با حاصل‌ضرب موجودی سرمایه در مجموع نرخ بهره‌ی سپرده‌های بلندمدت و نرخ استهلاک مربوط به هر صنعت در نظر گرفته شده‌است.
- 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

– الکتریسیته: نهاده‌ی برق استفاده شده در این پژوهش مقدار برق مصرف شده در صنایع است.

– قیمت الکتریسیته: به‌منظور به دست آوردن قیمت برق، ارزش برق خریداری شده از سوی هر صنعت به مقدار برق مصرفی به‌وسیله آن صنعت (به گیگا ژول) تقسیم شده‌است.

– نهاده‌ی انرژی: مقدار این نهاده برابر با مجموع مقادیر مصرف شده از حامل‌های انرژی شش گانه (بنزین، نفت سفید، گاز مایع، گاز طبیعی، گازوئیل و نفت کوره) به‌وسیله‌ی هر صنعت در نظر گرفته شده‌است.

– قیمت انرژی: به‌منظور 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 شده‌است. (وزن هر حامل برابر با مقدار مصرفی آن حامل از مجموع مقدار انرژی مصرف شده در نظر گرفته شده‌است.)

– تولید: برابر با ارزش محصولات تولید شده در هر صنعت در نظر گرفته شده‌است.

– هزینه‌ی کل: در کوتاه‌مدت برابر با مجموع ارزش مصرف شده (قیمت ضرب در مقدار) سه نهاده‌ی نیروی کار، الکتریسیته و انرژی در نظر گرفته شده‌است، (چرا که در این پژوهش سرمایه عامل شبه‌ثابت[1] می‌باشد) و در بلندمدت ارزش مصرفی سرمایه به مقدار هزینه در کوتاه‌مدت افزوده گردیده‌است.

– سهم هزینه‌ای نهاده‌ها: برابر با ارزش مصرف شده‌ی (حاصلضرب قیمت در مقدار) هر نهاده تقسیم بر هزینه‌ی کل در نظر گرفته شده‌است.

۷ـ نتایج براورد الگوی ترانسلوگ

برای براورد معادلات به دست آمده جمله خطای u_{int} به تمامی افزوده می‌شود. پس از براورد هم‌زمان سیستم معادلات بالا به روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط، 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

جدول ۳: آزمون نسبت درستنمایی

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

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به این‌که 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 پیش‌از 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 درستنمایی استفاده شد.

جدول ٤: آزمون نسبت درستنمایی

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

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.

جداول ۵ و ۶ نتایج حاصل از براورد 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

جدول ٦: پارامترهای براورد شده الگو به روش اثرات تصادفی

پارامتر	ضریب	آماره t	احتمال	پارامتر	ضریب	آماره t	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	۰/۰۰۶	β_{KQ}	−۰/۰۱	−۱/۸	۰/۰۷
α_F	۰/۴۴	۱۴/۰۸	۰/۰۰۰۱	β_{TT}	−۰/۰۱	−۳/۰۸	۰/۰۰۲
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	۰/۰۰۵	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 شده‌ی الگوی سیستم معادلات را به روش اثرات تصادفی نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، به جز ۳ پارامتر، بقیه‌ی ضرایب در سیستم معادلات معنی‌دار است. ضرایب مربوط به لگاریتم قیمت نهاده‌های تولید مثبت و معنی‌دار بوده و بنابراین، با افزایش قیمت نهاده‌های تولیدی هزینه تولید افزایش می‌یابد. ضریب مربوط به تغییرات تکنولوژیکی (زمان) منفی و معنی‌دار است، به این معنی که در طول زمان و همراه با تغییرات تکنولوژیکی هزینه‌ی 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 هزینه‌ی تولید افزایش می‌یابد و این افزایش کاهنده است. δ_{KK} ضریب متغیر سرمایه‌گذاری خالص در تابع هزینه تعدیل بوده و برابر با ۱/۷ به دست آمده است. این ضریب معنی‌دار بوده و نشان می‌دهد که با افزایش سرمایه‌گذاری به میزان یک واحد هزینه‌ی تعدیل به میزان بیش از یک واحد افزایش می‌یابد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

حال، می‌توان کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع، 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 متقاطع 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 (۰/۳۱-) 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

جدول ۷: کشش‌های 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 دوره‌ی تعدیل نهاده‌ی سرمایه صورت گرفته است، کشش‌های قیمتی خودی سه نهاده‌ی نیروی کار، الکتریسیته و دیگر حامل‌های انرژی چندان تفاوتی با کوتاه‌مدت ندارند چرا که ضریب تعدیل به دست آمده برای سرمایه بسیار کوچک و برابر با ۰/۰۷ است. پس از این‌که سرمایه تعدیل شد، نهاده‌ی سرمایه یک نهاده متغیر شده و مثل نهاده‌های دیگر می‌توان کشش قیمتی خودی و متقاطع

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

برای آن تعریف کرد. کشش قیمتی خودی سرمایه در میان‌مدت برابر با ۰/۰۵- 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 (۰/۷-). افزایش در حساسیت تقاضای سرمایه نسبت به تغییر قیمت خودش در بلندمدت به این دلیل است که در این دوره زمانی تعدیل 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 تعدیل سرمایه به دست آمده‌است، تفاوت چندانی با کشش‌های قیمتی متقاطع در کوتاه‌مدت ندارد. همان‌طور که بیان شد دلیل این امر پایین بودن ضریب تعدیل 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 (۰/۰۰۶-) کم‌تر از حساسیت تقاضای سرمایه نسبت به تغییر قیمت دیگر حامل‌های انرژی (۰/۰۲-) 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 تعدیل 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 به‌طور 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 درمقادیر عددی کشش‌ها است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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

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

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

به‌طور معمول کشش جانشینی آلن متقارن 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 ۴-۱۹ 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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 حساس‌تر 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)	−۰/۲۳ (۰/۰۵)	۰/۰۰۴ (۰/۰۰۲)
بلندمدت	۰/۰۶۸ (۰/۰۳)	۰/۱۶۸ (۰/۰۳)	−۰/۲۳۶ (۰/۰۶)	۰/۰۴۸ (۰/۰۳)

*: اعداد داخل پرانتز انحراف استاندارد است.

منبع: 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 کمابیش ثابت باقی مانده است. در حالی که کشش پیشرفت فنی سرمایه حساس‌تر شده است (از ۰/۰۰۲ در میان‌مدت به ۰/۰۲ در بلندمدت رسیده است). 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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 درترکیب بهینه‌ی عوامل تولید، از آزمون هموتتیک بودن تابع هزینه استفاده شده است. اگر تابع هزینه دارای ساختار هموتتیک باشد، به این معنی است که ترکیب بهینه‌ی عوامل تولید از مقیاس رشته‌ی فعالیت‌ها تأثیر نمی‌پذیرد. هر تابعی که بتواند تابعی صعودی و یکنواخت از یک تابع همگن باشد، تابع هموتتیک گفته می‌شود. بنابراین، همگنی حالت خاصی از هموتتیک بودن است. در تابع ترانسلوگ صفر بودن هم‌زمان ضرایب جملات تأثیرات متقابل تولید و قیمت نهاده‌ها نشان دهنده‌ی هموتتیک بودن تابع هزینه است. با توجه به آماره‌ی آزمون نسبت راستنمایی، فرض هموتتیک 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 مربع مربوط به آزمون بازدهی ثابت نسبت به مقیاس بیانگر رد شدن این فرض است.

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

جدول ۱۱: آزمون محدودیت‌ها

نوع آزمون	مقدار آماره کای مربع χ^2	سطح احتمال
هموتتیک بودن	۷۶.۷۵	۰.۰۰۰۱
بازدهی ثابت نسبت به مقیاس	۱۹۳.۰۷	۰.۰۰۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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 ۱/۱۳ بوده و معنی‌دار است. این کشش بزرگ‌تر از واحد بوده و بیانگر نبود صرفه‌های ناشی از مقیاس در صنایع کارخانه‌ای ایران است.

جدول۱۲: کشش هزینه نسبت به تولید در بلندمدت

کشش هزینه نسبت به تولید	۱/۱۳۵ (۰/۰۷)*

*: عدد داخل پرانتز انحراف استاندارد می‌باشد.

منبع: یافته‌های پژوهش

۸- نتیجه‌گیری

۱- ضریب تعدیل موجودی سرمایه در صنایع کارخانه‌ای ایران بسیار اندک و برابر با ۰/۰۹ است، که نشان از پایین بودن سرعت تعدیل موجودی سرمایه در جهت تعادل بلندمدت دارد. یعنی، در هر دوره تنها ۹٪ از موجودی سرمایه‌ی دوره‌ی قبل برای دوره‌ی بعد تعدیل و استفاده می‌شود.

۲- کشش جانشینی آلن نشان دهنده‌ی 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. با حرکت از کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت کشش‌های جانشینی آلن حساس‌تر شده که به معنی افزایش جانشینی و مکملی نهاده‌هاست.

۳- 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. یعنی، صنایع به سمت تکنولوژی‌های سرمایه‌بر حرکت کرده‌است.

۴- 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 نیروی کار منفی بوده و در بلندمدت حساس‌تر از کوتاه‌مدت و میان‌مدت است. با تغییرات تکنولوژیکی تقاضای نیروی کار کاهش یافته است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

۵- آزمون نسبت راستنمایی نشان داد که تابع هزینه هموتتیک 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 طباطبایی.

حیدری، ابراهیم (۱۳۸۵)، تخمین توابع تقاضای کوتاه مدت و بلندمدت عوامل تولید در بخش صنعت ایران، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۷۶، آذر و دی، ۱۵۶-۱۴۳.

رنجبر فلاح، محمدرضا (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 بررسی های اقتصادی. شماره‌ی ۴ ، ص ۲۶-۱

مرکز آمار ایران (نشریات)، نتایج آمارگیری 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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. Brendt 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]

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.

فصل نامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1389.1.1.4.8]