

## صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در صنایع

### انرژی بر ایران

دکتر محمدنبی شهیکی تاش\*، علی نوروزی\*\* و غلامعلی رحیمی\*\*\*

تاریخ دریافت: ۱۴ اسفند ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: ۹ مهر ۱۳۹۲

در این پژوهش به وسیله تابع هزینه ترانسلوگ<sup>۱</sup> با چهار نهاده (نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد اولیه) و روش برآورد رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبب تکراری<sup>۲</sup>، به تحلیل ساختار هزینه ۱۱ صنعت انرژی بر زیرگروه صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی و صنعت تولید فلزات اساسی در دوره ۸۷-۱۳۷۵ پرداخته شد. در این تحقیق شاخص‌های سهم هزینه نهاده، صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه، کشش خودقیمتی و متقاطع و کشش جانشینی فنی موریشیما<sup>۳</sup> محاسبه شدند. یافته‌های تحقیق مؤید آن است که دو صنعت تولید محصولات اولیه آهن و فولاد و تولید سیمان، آهک و گچ با میزان سهم انرژی بری ۲۳ و ۱۱ درصد، بزرگ‌ترین سهم مصرف انرژی را به ترتیب در میان صنایع تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به نتایج بدست آمده از تخمین سطح بهینه تولید و مقایسه سطح تولید واقعی صنایع، می‌توان به این نتیجه دست یافت که کلیه صنایع انرژی‌بر، فاصله بسیار زیادی نسبت به نقطه بهینه تولید دارند. همچنین مقادیر عددی کشش موریشیما نیز حاکی از تأیید رابطه جانشینی فنی کلیه نهاده‌ها با یکدیگر است، به گونه‌ای که مقادیر بدست آمده، بیشتر مساوی و بالاتر از یک می‌باشد.

Mohammad\_Tash@eco.usb.ac.ir

Norouzi\_Ali\_66@yahoo.com

\* استادیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم اقتصادی دانشگاه سیستان و بلوچستان

\*\*\* پژوهشگر مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

1. Translog Cost Function
2. Iterative Seemingly Unrelated Regressions
3. Morishima Elasticity of Substitution

**واژه‌های کلیدی:** تابع هزینه ترانسلوگ، رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب تکراری، صنایع انرژی‌بر، صرفه به مقیاس، کشش جانشینی فنی موریشیما.  
**طبقه‌بندی JEL:** L1, D2, N7.

### ۱. مقدمه

صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، از جمله اساسی‌ترین و مهم‌ترین صنایع در کشور می‌باشند. ماهیت این دو صنعت به گونه‌ای است که صنایع زیرساخت محسوب می‌شوند و فرآورده‌های تولیدی (ستاده) این صنایع در فرآیند تولیدی بسیاری از صنایع دیگر، در سطح بسیار گسترده به کار گرفته می‌شود. تکنولوژی ساختار تولیدی صنایع زیرگروه این دو صنعت به گونه‌ای طراحی شده است که در قیاس با سایر صنایع فعال در بخش صنعتی کشور، از درجه انرژی‌بری بالاتری برخوردارند و به مفهوم دیگر، نهاده انرژی، در فرآیند تولیدی و اجرایی کارخانجات این صنایع، نقش پررنگ‌تری دارا است و از نهاده‌های مهم به شمار می‌رود. در جدول ۱، اطلاعات میزان انرژی‌بری صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) گزارش شده است.

جدول ۱. سهم مصرف نهاده انرژی در صنایع انرژی‌بر

| سهم انرژی | کد صنعت | سهم انرژی | کد صنعت |
|-----------|---------|-----------|---------|
| ۰/۵۷      | ۲۷۲۲    | ۰/۴۶      | ۲۶۹۱    |
| ۰/۷۵      | ۲۷۲۳    | ۰/۲۳      | ۲۶۹۲    |
| ۰/۸۲      | ۲۷۳۱    | ۱۱        | ۲۶۹۴    |
| ۰/۱۴      | ۲۷۳۲    | ۰/۶۳      | ۲۶۹۵    |
| ۱۳/۳۵     | ۲۶      | ۱/۰۳      | ۲۶۹۹    |
| ۳۳/۱۴     | ۲۷      | ۲۳/۰۲     | ۲۷۱۰    |
| ۴۶/۴۹     | ۲۶ و ۲۷ | ۱/۸۶      | ۲۷۲۱    |

مأخذ: مرکز آمار ایران

## صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۲۷

با توجه به مقادیر جدول ۱، ۱۱ صنعت اساسی و انرژی‌بر، مجموعاً ۴۶ درصد از انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند که تقریباً نیمی از میزان انرژی مصرفی کشور در اختیار تنها ۱۱ صنعت قرار دارد. از دیدگاه میزان انرژی‌بری، صنایع مورد مطالعه از صنایع مهم و اساسی هستند. میزان مصرف انرژی در میان این ۱۱ صنعت تقریباً متفاوت می‌باشد، به گونه‌ای که دو صنعت تولید محصولات اولیه آهن و فولاد (کد ۲۷۱۰) و تولید سیمان، آهک و گچ (کد ۲۶۹۴) با میزان سهم انرژی‌بری ۲۳ و ۱۱ درصد، بزرگ‌ترین سهم مصرف انرژی را به ترتیب در میان صنایع تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، به خود اختصاص داده‌اند. در مجموع، میزان انرژی‌بری صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) به میزان ۱۹/۷۹ درصد از صنعت تولید سایر کانی‌های غیرفلزی (کد ۲۶) بیشتر است.

با در نظر گرفتن درجه کارکرد صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، از منظر مقیاس و میزان تولیدات صنعتی و میزان و مقیاس به کارگیری عوامل تولید، به ویژه نهاده انرژی، فعالیت بنگاه‌های فعال در زیرگروه این صنایع، در بهترین و بهینه‌ترین مقیاس تولید از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن اساس رقابت‌پذیری به منظور ادامه فعالیت و بقای صنعتی، فعالیت در سطح تولید با حداقل میزان هزینه تولید امری ضروری بوده که موجبات افزایش قدرت رقابتی این دو صنعت، در سطح داخلی و به ویژه سطح بین‌الملل را فراهم می‌سازد.

از مشخصه‌های مهم این دو صنعت، میزان و مقیاس گسترده به کارگیری عوامل تولید و به طور مشخص نهاده انرژی است. بدین ترتیب هر گونه تغییر در قیمت و هزینه واحد هر یک از نهاده‌ها، با در نظر گرفتن مقیاس تولید، اثری مهم و بزرگ بر میزان تولیدات صنعتی در پی دارد و موجب تغییر در ترکیب عوامل تولید می‌شود. با در نظر گرفتن این مهم، مدیران بخش تولیدی و اجرایی بنگاه‌ها، با توجه به میزان حساسیت و درجه کشش‌پذیری نسبت به تغییرات قیمت نهاده‌ها، ترکیب بهینه عوامل تولید را انتخاب می‌کنند. بنابراین محاسبه میزان کشش و حساسیت قیمت نهاده، از اهمیت بالایی برخوردار است.

## ۲. پیشینه تحقیق

زمانیان و همکاران (۱۳۸۰) با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ و با روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب تکراری به بررسی بازده مقیاس در صنعت ذوب آهن اصفهان در طی دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۷

پرداختند. نتایجی که از این پژوهش بدست آمده بیانگر آن است که مقدار عددی صرفه‌های مقیاس برای میانگین داده‌ها و در طی دوره عدد ۱/۰۲، برای سال‌های جنگ کوچکتر از ۱ و برای سالهای غیر جنگ بزرگتر از ۱ می‌باشد.

تیمور محمدی و رضا طالبلو (۱۳۸۹) به محاسبه و بررسی صرفه مقیاس در سطح سراسری و خاص هر محصول برای ۶ بانک خصوصی و ۱۱ بانک دولتی برای دوره ۱۳۸۸-۱۳۷۵ پرداختند و نتایج بدست آمده حکایت از وجود صرفه به مقیاس سراسری در صنعت بانکداری دارد. همچنین مقادیر بدست آمده برای شاخص صرفه به مقیاس هر عامل خاص نیز بیانگر وجود صرفه به مقیاس در تمامی مجموعه فعالیت‌های بانکی است. در این تحقیق از تابع هزینه ترانسلوگ برای بررسی شاخص‌های صرفه به مقیاس در داده‌های پانل استفاده شده است.

خداداد کاشی (۱۳۸۶) با استفاده از روش کومانور و ویلسون به سنجش نقطه بهینه تولید و بررسی صرفه‌های مقیاس در صنایع ایران پرداخت. وی در این مقاله، ضمن معرفی جنبه‌های نظری صرفه‌های مقیاس، میزان برخورداری بازارهای صنعتی ایران از صرفه‌های مقیاس را ارزیابی نمود. یافته‌های وی بر آن دلالت دارند که اقتصاد ایران به دلیل کوچک بودن از صرفه‌های مقیاس برخوردار نبوده است. علاوه بر این شواهد، این مطالعه ناسازگاری بین صرفه‌های مقیاس و رقابت در بازارهای صنعتی ایران را تأیید می‌کند. همچنین بر مبنای یافته‌های این محقق، با افزایش اندازه بنگاه و نزدیک شدن به سطح تولید بهینه (MES)، نرخ بازده افزایش می‌یابد.

جعفر عبادی و موسوی<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) در مقاله‌ای به بررسی شاخص صرفه‌های مقیاس در صنایع تولیدی کشور ایران در سطح کد ۲ رقمی طبقه‌بندی ISIC<sup>۲</sup> پرداختند. جهت تخمین بازده مقیاس از روش تابع هزینه ترانسلوگ استفاده شد و برای تخمین پارامترها در سیستم معادلات همزمان از روش پیشنهادی زلنر<sup>۳</sup> کمک گرفته شد. یافته‌های پژوهش بیانگر وجود صرفه مقیاس در اکثر صنایع کد ۲ رقمی در دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۱ می‌باشد.

لیلا تروئت و دیل تروئت<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) به وسیله تابع هزینه ترانسلوگ به بررسی تابع هزینه صنعت خودروسازی فرانسه و محاسبه صرفه‌های مقیاس در این صنعت در طی سالهای ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۶ در دو شرکت سیتروئن<sup>۵</sup> و رنو<sup>۱</sup> پرداختند و نتیجه‌ای که بدست آمد، بدین ترتیب می‌باشد که

1. Jafar Ebadi and Saeed Mousavi Madani (2006)

2. International Standard Industrial Classification

3. Zellner

4. Lila J. Truett and Dale B. Truett (2007)

5. Citroen

## صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۲۹

صرفه‌های مقیاس فزاینده در سطوح پایین تولید وجود دارد و این دو شرکت در سطوح متوسط و بالای تولید، عدم صرفه به مقیاس را تجربه می‌کنند و بدین دلیل باید حجم تولید خود را کاهش دهند تا با کاهش هزینه تولید، سود بیشتری را بدست آورند.

علی آکمیگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) به کمک تابع هزینه ترانسلوگ، ساختار صنعت برق ترکیه را در دو بخش دولتی و خصوصی مورد تحلیل قرار داد. او در مقاله خود در سال ۲۰۰۹ به بررسی بازدهی به مقیاس در بخش تولید نیروی برق کشور ترکیه در طی سالهای ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۶ پرداخت و دریافت که در دوره مورد بررسی، برای تمامی شرکت‌ها اعم از دولتی و خصوصی، بازده مقیاس افزایشی گسترده‌ای وجود دارد.

فتس و فیلیپینی<sup>۳</sup> (۲۰۱۰) به بررسی ساختار صنعت برق کشور سوئیس در دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۵ پرداختند. ایشان در پژوهش خود از داده‌های پانل برای بررسی صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های ناشی از ادغام عمودی (صرفه ناشی از تنوع) در ۷۴ شرکت برق پرداختند. یافته‌های تحقیق بیانگر وجود صرفه‌های مقیاس افزایشی و صرفه‌های مقیاس برای بیشتر بنگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد.

کارلوس مارتین و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) به کمک تابع هزینه ترانسلوگ به بررسی صرفه مقیاس در ۳۶ شرکت صنعت هواپیمایی اسپانیا در طی سالهای ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۷ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در تمامی فرودگاه‌ها، در دو دوره بلندمدت و کوتاه‌مدت صرفه مقیاس افزایشی وجود دارد.

منکیوزو<sup>۵</sup> (۲۰۱۲) در تحقیق خود به بررسی صرفه‌های مقیاس و تحلیل ساختار اقتصادی صنعت ارتباطات کشور ایتالیا در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۴ پرداخته است. وی از دو روش رگرسیون به ظاهر نامرتب و رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب غیرخطی به ترتیب برای تخمین دو تابع هزینه ترانسلوگ و تابع هزینه مرکب جهت تخمین پارامترها و محاسبه صرفه به مقیاس استفاده نمود. نتایج یافته شده حکایت از وجود صرفه به مقیاس کاهشی، ثابت و افزایشی به ترتیب برای دوره ۱۹۷۶-۱۹۷۴، ۱۹۸۷-۱۹۸۵ و ۲۰۰۰-۱۹۹۸ داشته است.

1. Renault
2. Ali Akkemik (2009)
3. fetz Aurelio and Massimo Filippini (2010)
4. Martin, Concepcion and Voltes-Dorta (2011)
5. Paolo Mancuso (2012)

دگل اینوستی و جیراردونه<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) با رهیافت تابع مرزی تصادفی و تابع هزینه ترانسلوگ به بررسی صرفه‌های مقیاس، کارایی هزینه بنگاه‌ها و تکنولوژی تولید در صنعت اجاره (رهن) کشور ایتالیا در دوره زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۲ پرداختند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که صنعت اجاره‌دهی در کشور ایتالیا از صرفه‌های مقیاس فزاینده بهره می‌برد و بنگاه‌هایی که در تعدادی از خدمات خود به صورت تخصصی عمل کردند نسبت به بنگاه‌های دارای تنوع خدمات بالا و پایین دارای صرفه به مقیاس افزایشی بالاتر می‌باشند.

### ۳. روش تحقیق

در این پژوهش، از توابع هزینه به نام توابع هزینه انعطاف‌پذیر بهره برده‌ایم. توابع انعطاف‌پذیر<sup>۲</sup> با داشتن تعداد کافی از پارامترها، هیچ‌گونه محدودیتی بر ساختار تولید اعمال نمی‌کنند، ضمن اینکه نواحی سه‌گانه تولید قابل تفکیک است و لذا می‌توان محدوده اقتصادی تولید را مشخص نمود. از انواع توابع هزینه می‌توان به تابع هزینه باکس-کاکس<sup>۳</sup>، تابع هزینه ترانسلوگ<sup>۴</sup>، تابع هزینه درجه دوم تعمیم‌یافته<sup>۵</sup> و تابع هزینه لئونتیف تعمیم‌یافته<sup>۶</sup> اشاره نمود.

برنت و خالد<sup>۷</sup> (۱۹۷۹) با بکارگیری یک تابع هزینه باکس-کاکس نشان دادند که توابع ترانسلوگ، درجه دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته در حقیقت حالت خاصی از تابع باکس-کاکس می‌باشند. فرم کلی تابع هزینه باکس-کاکس به شرح زیر است.

$$C = [1 + \gamma G(p)]^{\frac{1}{\gamma}} \left[ \prod_{k=1}^K Q_k \beta_k(Q, P) \right]$$

$$a) G(P) = \alpha + \sum_{k=1}^K \alpha_i P_i(\gamma) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \delta_{ij} P_i(\gamma) P_j(\gamma)$$

$$b) \beta_K(Q, P) = \beta_K + \sum_{l=1}^K \frac{\theta_{kl}}{\gamma} \ln Q_l + \sum_{i=1}^N \phi_{ki} \ln P_i$$

1. Degl'Innocenti and Girardone (2012)
2. Flexible Cost Function
3. Box-Cox Cost Function
4. Translog Cost Function
5. Generalized Square-Root Quadratic Cost Function
6. Generalized Leontief Cost Function
7. Berndt and Khaled (1979)

صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۸۱

$$c) P_i(\gamma) = \frac{(P_i^\gamma - 1)}{\left(\frac{\gamma}{\gamma}\right)}$$

در روابط فوق، N تعداد نهاده، K تعداد محصول، P بردار قیمت نهاده‌ها و Q بردار مقادیر محصول می‌باشد. همچنین شرط تقارن برای تابع هزینه تعمیم یافته باکس-کاکس به صورت زیر خواهد بود:

$$\delta_{ij} = \delta_{ji} \quad , \quad \theta_{IK} = \theta_{KI}$$

زمانی تابع همگن از درجه یک در قیمت نهاده‌ها خواهد بود که شروط زیر برقرار باشد:

$$(a) \alpha_i = 1 + \gamma \alpha, \quad (b) \sum_{j=1}^N \delta_{ij} = \frac{\gamma}{\gamma} \alpha_i \quad (c) \sum_{i=1}^N \phi_{Ki} = 0$$

و در نهایت با اعمال شرط همگنی بر تابع هزینه تعمیم یافته باکس-کاکس، رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C = \left[ \frac{\gamma}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \delta_{ij} P_i^\gamma P_j^\gamma \right]^{\frac{1}{\gamma}} \left[ \prod_{k=1}^K Q_k^{\beta_k(Q,P)} \right]$$

به منظور استخراج تابع هزینه ترانسلوگ از تابع هزینه انعطاف پذیر باکس-کاکس، محدودیت زیر بر مدل اصلی وارد می‌شود:

$$G(P) = \frac{\left[ \frac{C}{\sum_K Q_k^{\beta_k(Q,P)}} \right]^\gamma}{\gamma}$$

با مشتق‌گیری از رابطه بالا، زمانی که  $\gamma$  به سمت صفر میل می‌کند، فرم کلی تابع هزینه ترانسلوگ بدست می‌آید.

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_q \ln Q + \frac{1}{\nu} \alpha_{qq} (\ln Q)^2 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{i=1}^n \beta_{iq} \ln P_i \ln Q + u$$

### تابع هزینه ترانسلوگ<sup>۱</sup> و توابع سهم هزینه نهاده تولید<sup>۲</sup>

هدف از این پژوهش، تخمین سطح تولید بهینه، صرفه به مقیاس و در ادامه بررسی کشش جانشینی میان نهاده‌ها می‌باشد. بدین ترتیب نیاز به تابع انعطاف پذیر می‌باشد که قابلیت بررسی کشش هزینه، کشش جانشینی را داشته باشد. با توجه به ضرورت تحقیق، نیاز به فرمی از تابع هزینه انعطاف پذیر می‌باشد که پارامترهای مورد نیاز، جهت محاسبه شاخص‌های مدنظر را دارا باشد. در میان توابع انعطاف پذیر موجود، از جمله ترانسلوگ، کابداگلاس تعمیم یافته<sup>۳</sup>، لئونتیف تعمیم یافته<sup>۴</sup>، درجه دوم تعمیم یافته<sup>۵</sup> و CES<sup>۶</sup>، ساختار و فرم تابع هزینه ترانسلوگ به گونه‌ای می‌باشد که روابط متقابل نهاده‌ها (جهت محاسبه کشش‌های جانشینی میان نهاده) و همچنین روابط متقابل سطح تولید و نهاده‌ها (جهت محاسبه کشش هزینه و سطح تولید بهینه) را در خود گنجانده است، در حالی که دیگر توابع هزینه چنین قابلیت را ندارند. از مهم‌ترین خواص تابع هزینه ترانسلوگ، محاسبه صرفه‌های مقیاس تولید، با تغییر سطح تولید می‌باشد. به عبارتی دیگر، این تابع قابلیت نمایش هر سه منطقه تولید و همچنین محاسبه کشش هزینه و نمایش قسمت نزولی، حداقل و صعودی منحنی LAC (تابع هزینه متوسط U شکل) را داراست. بدین ترتیب مناسب‌ترین فرم تابع که همسو و هم جهت با هدف تحقیق باشد، تابع هزینه ترانسلوگ است. تابع هزینه ترانسلوگ، از جمله توابع انعطاف پذیر درجه دوم غیر هموتتیک<sup>۷</sup> می‌باشد. تابع هزینه ترانسلوگ هیچ‌گونه محدودیت اولیه بر مقادیر پارامترها، کشش‌های جانشینی و قیمتی نهاده‌های تولید اعمال نمی‌کند و قابلیت اعمال فرض و محدودیت‌های آماری را داراست. مبانی نظری تابع ترانسلوگ نخستین بار توسط

- 
1. Translog Cost Function
  2. Input Cost Share
  3. Generalized Cobb Douglas
  4. Generalized Leontief
  5. Generalized Square-Root Quadratic
  6. Constant Elasticity of Substitution
  7. Non Homothetic



کریستنسن و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۷۳) در مقاله‌ای با عنوان « Transcendental Logarithmic Production Function » معرفی شد.

صنایع انرژی‌بر دارای یک ستاده و ۴ نهاده می‌باشند. بدین ترتیب فرم کلی تابع هزینه ترانسلوگ به شکل زیر می‌باشد.

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_q \ln Q + \frac{1}{\nu} \alpha_{qq} (\ln Q)^2 + \sum_{i=1}^F \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^F \sum_{j=1}^F \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{i=1}^F \beta_{iq} \ln P_i \ln Q$$

تعداد پارامترهای موجود در این تابع بدون اعمال محدودیت، ۲۷ پارامتر است. در این تحقیق از راهکار سیستم معادلات به منظور تخمین پارامتر، جهت محاسبه شاخص‌های سطح تولید بهینه و انواع کشش‌ها استفاده می‌شود. سیستم معادلات به کار گرفته شده در این تحقیق شامل یک تابع هزینه اصلی ترانسلوگ و ۴ تابع سهم تقاضای عوامل تولید می‌باشد، جهت استخراج توابع سهم تقاضای نهادها، با کمک قضیه لم شفارد<sup>۲</sup>، از تابع هزینه ترانسلوگ نسبت قیمت هر یک از نهادهای تولید مشتق می‌گیریم. (شفارد<sup>۳</sup>، ۱۹۷۰) فرم کلی توابع سهم نهاده صنایع انرژی‌بر به صورت زیر می‌باشد.

$$S_i = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \alpha_i + \sum_{j=1}^F \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iq} \ln Q \quad , \quad i, j = L, K, M, E$$

جهت تأمین شرط تابع هزینه نرمال و خوش رفتار، دو شرط تقارن و همگنی از درجه یک در قیمت نهادها را بر تابع هزینه اعمال می‌کنیم. شرط همگنی:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad , \quad \sum_{i=1}^n \beta_{iq} = 0 \quad , \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 0$$

1. Christensen, Jorgenson and Lau (1973)
2. Shephard Lemma
3. Shephard (1970)

شرط تقارن:

$$\beta_{ij} = \beta_{ji}$$

با اعمال این دو محدودیت، تعداد پارامترهای سیستم معادلات همزمان، از ۲۷ پارمتر به ۲۱ پارامتر تقلیل پیدا می‌کند.

#### ۴. روش تخمین پارامترها

در بسیاری از مطالعات اقتصادی، به بررسی تک‌معادله‌ای ارتباط میان متغیرهای اقتصادی توجه می‌شود. در حالی که بسیاری از پدیده‌های اقتصادی، به وسیله بررسی تک معادلات، قابل محاسبه نمی‌باشد و یا محاسبات دارای تورش از مقادیر واقعی خود می‌باشند. با توجه به نوع شاخص‌های مورد مطالعه در این پژوهش، نیاز به محاسبات و تخمین پارامترها در قالب سیستم معادلات همزمان<sup>۱</sup> نمود پیدا می‌کند. راهکار تخمین سیستم معادلات، بسته به نوع معادلات موجود در سیستم معادلات، نوع داده‌های آماری متغیرهای برونزا و همچنین وضعیت متغیرهای درونزا در مدل سیستمی، متفاوت می‌باشد. جهت افزایش کارایی تخمین پارامترها، معادله تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه نهاده، تحت عنوان سیستم معادلات همزمان با یکدیگر و به روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تخمین زده می‌شوند، زیرا اولاً هر یک از معادلات سهم هزینه، دارای پارامترهای یکسانی با معادله هزینه ترانسلوگ می‌باشند، ثانیاً معادلات سهم هزینه اجزای نهاده از معادله تابع هزینه ترانسلوگ استخراج شده‌اند و اجزای اخلاص معادلات سهم هزینه با جزء اخلاص تابع هزینه ترانسلوگ در ارتباط می‌باشند. برای حل مشکل خودهمبستگی در الگوی سیستمی به ظاهر غیرمرتبط، روش SURE<sup>۲</sup> به گونه‌ای می‌باشد که ارتباط بین اجزای اخلاص را در نظر گرفته و شرط حداقل واریانس را برای تأمین کارایی پارامترها برآورده می‌کند. (زلنر<sup>۳</sup>، ۱۹۶۲). با توجه به دسترسی داده‌های ۱۳ سال از ۱۱ صنعت انرژی‌بر، روش برآورد سیستمی با توجه به داده‌های پانل متوازن، رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری (ISUR<sup>۴</sup>) می‌باشد.

- 
1. Simultaneous Equation System
  2. Seemingly Unrelated Regressions
  3. Zellner (1962)
  4. Iterative Seemingly Unrelated Regressions

از آنجا که مجموع سهم هزینه‌ها برابر با یک می‌باشد، برآورد سیستم معادلات در حالت عادی موجب صفر شدن ماتریس وارینانس-کوواریانس اجزای اخلاص می‌شود که این مسئله موجب بروز مشکل هم‌خطی کامل می‌شود. به منظور جلوگیری از بروز این مشکل در تخمین سیستم معادلات، یکی از معادلات سهم هزینه نهاده حذف شده و کلیه معادلات تابع هزینه و سهم تقاضای نهاده، برحسب قیمت نهاده‌ای که معادله سهم آن حذف شده است، نرمال می‌شوند. با توجه به آزمون‌های سنجی، بهترین برآورد و تخمین با حذف معادله سهم تقاضای نیروی کار بدست می‌آید. بدین ترتیب جهت تخمین پارامترهای معادلات همزمان، معادله سهم تقاضای نیروی کار حذف شده و پارامترهای این معادله را به طور غیرمستقیم و از طریق فروض همگنی و تقارن بدست می‌آوریم. با اعمال محدودیت حذف تابع سهم هزینه نیروی کار، تعداد پارامترها از ۲۱ پارامتر به ۱۵ پارامتر کاهش یافت.

#### شاخص سطح تولید بهینه و صرفه به مقیاس

**شاخص صرفه‌های مقیاس (E.S.):** صرفه‌های مقیاس عبارت است از میزان افزایش در تولید بنگاه، اگر تمام نهاده‌های تولید به یک نسبت ثابت افزایش پیدا کنند. به عبارت دیگر صرفه‌های مقیاس عبارت است از رابطه تولید کل و هزینه در طول مسیر توسعه بنگاه، با فرض آنکه قیمت نهاده‌های تولید ثابت بوده و هزینه در هر سطحی از تولید در حداقل باشد. در ادبیات اقتصادی، یکی از روش‌های محاسبه مقدار شاخص صرفه‌های مقیاس، استفاده از تابع هزینه و مفهوم کشش هزینه می‌باشد. کشش هزینه عبارت است از نسبت درصد تغییرات هزینه تولید به یک درصد تغییر در تولید بر این اساس کشش هزینه‌ای تابع ترانسلوگ به شرح زیر می‌باشد.

$$E_C = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} = \alpha_q + \alpha_{qq} \ln Q + \beta_{LQ} \ln P_L + \beta_{KQ} \ln P_K + \beta_{MQ} \ln P_M + \beta_{EQ} \ln P_E$$

چنانچه کشش هزینه مساوی یک بدست آید، در سطح حداقل منحنی هزینه متوسط قرار داریم و چنانچه کشش هزینه بزرگتر (کوچکتر) از یک باشد در قسمت صعودی (نزولی) منحنی هزینه متوسط قرار داریم. صرفه‌های مقیاس به صورت عدد یک منهای مقدار کشش هزینه تولید تعریف می‌شود.

$$E.S. = 1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q}$$

اگر  $E.S. > 0$ ، بنگاه دارای صرفه‌های مقیاس فزاینده می‌باشد، اگر  $E.S. < 0$ ، بنگاه دارای عدم صرفه‌های مقیاس می‌باشد و اگر  $E.S. = 0$ ، بنگاه دارای صرفه‌های مقیاس ثابت می‌باشد. **شاخص سطح تولید بهینه (MES)**: اگر کشش هزینه را برابر عدد یک قرار دهیم و کلیه متغیرهای تابع هزینه به جز مقدار تولید بنگاه را ثابت نگه داریم و آن‌گاه معادله بدست آمده را حل نماییم، مقدار بدست آمده برای سطح تولید بنگاه، همان لگاریتم طبیعی سطح تولید بهینه می‌باشد. با توجه به تابع هزینه ترانسلوگ، لگاریتم طبیعی سطح بهینه تولید از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\ln Q_{mes} = \frac{-\left[ (\alpha_q - 1) + \sum_{i=1}^n \beta_{iq} \ln \bar{P}_i \right]}{\alpha_{qq}}$$

سطح تولید بهینه از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Q_{mes} = \exp(\ln Q_{mes}) = \exp\left(\frac{-\left[ (\alpha_q - 1) + \sum_{i=1}^n \beta_{iq} \ln \bar{P}_i \right]}{\alpha_{qq}}\right)$$

### کشش خودقیمتی و متقاطع<sup>۲</sup>

کشش خودقیمتی و متقاطع، اثرات ناشی از تغییرات قیمت هر یک از نهاده‌ها (با فرض ثبات هزینه کل بنگاه)، بر روی مقدار خود نهاده (کشش خودقیمتی) و یا تغییر مقادیر دیگر نهاده‌ها (کشش متقاطع) را اندازه‌گیری می‌کند. اگر مقدار کشش متقاطع میان جفت نهاده، مثبت (منفی) شود، نهاده‌های مورد نظر جانشین (مکمل) یکدیگرند. با در نظر گرفتن اصل رفتار عاقلانه در مدیریت فرایند تولید، چنانچه قیمت یکی از نهاده‌ها افزایش یابد، باید مقدار به کارگیری نهاده مورد نظر را کاهش داد تا سطح تولید بنگاه ثابت باقی بماند. بنابراین کلیه مقادیر کشش خودقیمتی باید منفی

1. Minimum Efficient Scale  
2. Own-Cross Price Elasticity

بدست آید (با افزایش قیمت نهاده، مقدار نهاده کاهش یابد). رابطه کلی کشش قیمتی به صورت زیر است.

$$\varepsilon_{ij} = \left. \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_i} \right|_{dC=}$$

براساس لم شفارد داریم:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{P_j C_{ij}}{C_i}, \quad C_{ij} = \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln P_i \partial \ln P_j}, \quad C_i = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i}, \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

در رابطه بالا،  $C$  تابع هزینه هزینه ترانسلوگ،  $C_i$  مشتق اول تابع هزینه نسبت به نهاده  $i$ ،  $C_{ij}$  مشتق جزئی اول و دوم تابع هزینه ترانسلوگ نسبت به نهاده  $i$  و  $j$  است. با در نظر گرفتن تابع هزینه ترانسلوگ، روابط کشش خودقیمتی و متقاطع عوامل تولید به صورت زیر می‌باشد.

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^y + S_i}{S_i}, \quad i = L, K, M, E$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i}, \quad i \neq j, \quad i, j = L, K, M, E$$

با توجه به رابطه کشش خودقیمتی و متقاطع، هرچه سهم هزینه نهاده که قیمت آن دچار تغییر شده، بیشتر باشد، اثرات تقاطعی و خودقیمتی شدیدتر می‌شود. به طور خلاصه، هر کدام از نهاده‌ها که قیمت آن دستخوش تغییر می‌شود، چنانچه سهم هزینه بالایی داشته باشد، دیگر نهاده‌ها، جانشین یا مکمل بهتری برای نهاده مورد نظر می‌باشند.

### کشش جانشینی فنی موریشیما<sup>۱</sup>

کشش موریشیما، درصد تغییرات در نسبت مقدار ۲ نهاده، به ۱ درصد تغییرات در نسبت قیمت همان جفت نهاده را محاسبه می‌کند. کشش جانشینی فنی موریشیما توسط موریشیما<sup>۲</sup> (۱۹۶۷) معرفی شده و در ادامه توسط چمبرز<sup>۳</sup> (۱۹۸۸) بسط یافت. کشش جانشینی موریشیما قادر است اطلاعات کاملی از مقایسه ایستا، تغییرات روابط فنی میان سهم اجزای نهاده‌ها در واکنش به

1. Morishima Elasticity of Substitution
2. Morishima (1967)
3. Chambers (1988)

تغییرات در نسبت قیمت نهاده‌ها ارایه دهد. یکی از مزایای مهم کشش موریشیما نسبت به دیگر کشش‌های جانشینی فنی بین نهاده‌ای، در نظر گرفتن سهم هر کدام از اجزای نهاده به طور مناسب در روابط محاسباتی کشش می‌باشد. ضرب سهم نهاده در رابطه کشش موریشیما، موجب می‌شود که رابطه کشش فنی به نحو صحیح و درست محاسبه شود و دچار تورش در محاسبه کشش جانشینی فنی نشود. (بلکوربی و روسل<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹) چنانچه از نسبت سطح بهینه نهاده نسبت به نهاده  $j$  لگاریتم گرفته شود، داریم:

$$\log\left(\frac{X_i}{X_j}\right) = \log\left(\frac{C_i(P_i)}{C_j(P_j)}\right)$$

حال به توجه به رابطه بالا و لم شفارد، اثرات درصد تغییر در قیمت نهاده  $i$  ( $P_i$ ) را بر روی مقدار نسبی  $\frac{i}{j}$  (با فرض ثابت بودن قیمت نهاده  $j$  ( $P_j$ )) به صورت رابطه کشش موریشیما به نمایش درآورد:

$$M_{ij} = \delta_{ij}^m = \frac{P_i C_{ij}(P_j)}{C_j(P_j)} - \frac{P_i C_{ii}(P_j)}{C_j(P_j)}$$

تغییر در قیمت نهاده  $i$ ، دو اثر متفاوت بر روی مقدار نسبی  $\frac{i}{j}$  بر جای می‌گذارد: نخست موجب تغییر در مقدار نهاده  $i$  شده و در مرحله بعد، اثرات تقاطعی (جانشینی یا مکملی) بر روی نهاده  $j$  دارد. آنچه که کشش موریشیما به بررسی آن می‌پردازد، در حقیقت اثر متقابل (تقاطع) خالص است. به دلیل آنکه، اثرات خود قیمتی را از اثرات متقاطع حذف می‌کند.

$$\delta_{ij}^m = \varepsilon_{ji} - \varepsilon_{ii} \quad , \quad i \neq j \quad , \quad i, j = L, K, M, E$$

$$\delta_{ji}^m = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} \quad , \quad i \neq j \quad , \quad i, j = L, K, M, E$$

$\delta_{ij}^m > 0$ : دو نهاده  $i$  و  $j$  جانشین فنی یکدیگرند و افزایش در قیمت نهاده  $j$  (افزایش در قیمت نسبی  $\frac{j}{i}$ )، با فرض ثابت در قیمت نهاده  $i$ ، موجب افزایش مقدار نسبی  $P_j$  می‌شود.

1. Blackorby and Russell (1989)

$\delta_{ij}^m < 0$ : دو نهاده  $i$  و  $j$  مکمل فنی یکدیگرند و افزایش در قیمت نهاده  $j$  (افزایش در قیمت نسبی  $\frac{j}{i}$ )، با فرض ثبات در قیمت نهاده  $i$ ، موجب کاهش مقدار نسبی  $\frac{i}{j}$  می‌شود.

## ۵. داده‌ها و نتایج برآورد

داده‌های به کار رفته در این تحقیق، شامل اطلاعات تولید، هزینه تولید، هزینه واحد نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و انرژی ۱۱ صنعت انرژی بر کشور در دوره ۸۷-۱۳۷۵ می‌باشد. کلیه داده‌ها از مرکز آمار ایران (۱۳۹۱) گردآوری شده است. اطلاعات ۱۱ صنعت مورد بررسی در قالب کد و توضیحات طبقه‌بندی کالاها و خدمات (ISIC)، در جدول ۲ آورده شده است. صنایع مورد مطالعه شامل ۵ صنعت با کدهای ۴ رقمی ۲۶۹۱، ۲۶۹۲، ۲۶۹۴، ۲۶۹۵ و ۲۶۹۹ که زیرگروه کد ۲ رقمی ۲۶ (صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی) و همچنین ۶ صنعت با کدهای ۴ رقمی ۲۷۱۰، ۲۷۲۱، ۲۷۲۲، ۲۷۲۳، ۲۷۳۱ و ۲۷۳۲ که زیرگروه کد ۲ رقمی ۲۷ (صنعت تولید فلزات اساسی) می‌باشند. صنایع تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی و صنعت تولید فلزات اساسی از صنایع سنگین کشور می‌باشد و سهم بالایی از تولید در میان دیگر صنایع را در اختیار دارند. از دیگر مشخصه‌های این صنایع می‌توان به مصرف بالای انرژی نسبت به دیگر صنایع فعال در کشور اشاره کرد.

جدول ۲. صنایع زیرگروه صنعت تولید سایر کانی‌های غیرفلزی و صنعت تولید فلزات اساسی براساس طبقه‌بندی ISIC<sup>۱</sup>

| کد ۲ رقمی | کد ۳ رقمی | کد ۴ رقمی | شرح  |
|-----------|-----------|-----------|--|
| ۲۶        |           |           | تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی                            |
|           | ۲۶۹       |           | تولید محصولات کانی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر      |
|           |           | ۲۶۹۱      | تولید کالاهای سرامیکی غیرنسوز غیرساختمانی                  |
|           |           | ۲۶۹۲      | تولید محصولات سرامیکی نسوز-عایق حرارت                      |
|           |           | ۲۶۹۴      | تولید سیمان، آهک و گچ                                      |
|           |           | ۲۶۹۵      | تولید محصولات ساخته شده از بتن، سیمان و گچ                 |
|           |           | ۲۶۹۹      | تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر |

۱. طبقه‌بندی کالاها و خدمات بکار رفته در این تحقیق، براساس ISIC Ver3.1 می‌باشد.

|   |      |
|---|------|
| تولید فلزات اساسی   | ۲۷   |
| تولید محصولات اولیه آهن و فولاد   | ۲۷۱  |
| تولید محصولات اولیه آهن و فولاد   | ۲۷۱۰ |
| تولید فلزات اساسی گرانبها و فلزات اساسی غیر آهنی                          | ۲۷۲  |
| تولید محصولات اساسی مسی   | ۲۷۲۱ |
| تولید محصولات اساسی آلومینیومی  | ۲۷۲۲ |
| تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم | ۲۷۲۳ |
| ریخته گری فولاد   | ۲۷۳  |
| ریخته گری آهن و فولاد   | ۲۷۳۱ |
| ریخته گری فلزات غیر آهنی  | ۲۷۳۲ |

مأخذ: مرکز آمار ایران

در جدول ۳ به بررسی سهم هزینه هر یک از نهاده‌های تولید ۴ گانه در دوره ۸۷-۱۳۷۵ پرداخته شده است. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، نهاده انرژی به طور متوسط ۹ درصد از سهم هزینه تولید را در اختیار دارد و در میان ۴ نهاده تولید، در رتبه سوم قرار دارد. نهاده مواد اولیه با ۶۶ درصد از هزینه تولید (به طور متوسط)، مهمترین نهاده تولید در فرایند فعالیت صنعتی این ۱۱ صنعت به شمار می‌رود. پس از نهاده مواد اولیه، نیروی کار با ثبت سهمی معادل ۲۰ درصد از هزینه، جایگاه دوم را در میان ۴ نهاده داراست و در آخر میزان به کارگیری سرمایه به گونه‌ای است که این نهاده کمترین سهم را داشته و جایگاه چهارم را به خود اختصاص داده است. نحوه به کارگیری میزان نهاده‌ها و سهم هزینه هر یک از نهاده‌ها در صنایع کد ۲۶ و ۲۷ کمی متفاوت می‌باشد. مواد اولیه در دو صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی و صنعت تولید فلزات اساسی، به ترتیب با سهمی معادل ۵۹ درصد و ۷۳ درصد همچنان مهم‌ترین نهاده تولید است. با توجه به مقادیر محاسبه شده، ساختار کارخانجات تولیدی صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) نسبت به صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، به گونه‌ای می‌باشد که میزان نیروی کار و انرژی بیشتری مصرف می‌کند و بدین ترتیب صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) نسبت به صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) انرژی‌بری و کاربری بالاتری داراست.



جدول ۳. سهم هزینه نهاده‌های تولید صنایع انرژی‌بر

| کد صنعت       | نیروی کار | سرمایه | مواد اولیه | انرژی |
|---------------|-----------|--------|------------|-------|
| ۲۶۹۱          | ۰/۴۰      | ۰/۰۵   | ۰/۵۰       | ۰/۰۵  |
| ۲۶۹۲          | ۰/۲۱      | ۰/۰۶   | ۰/۶۸       | ۰/۰۵  |
| ۲۶۹۴          | ۰/۳۱      | ۰/۰۸   | ۰/۳۴       | ۰/۲۷  |
| ۲۶۹۵          | ۰/۲۳      | ۰/۰۴   | ۰/۷۱       | ۰/۰۳  |
| ۲۶۹۹          | ۰/۱۸      | ۰/۰۴   | ۰/۷۱       | ۰/۰۷  |
| ۲۷۱۰          | ۰/۱۱      | ۰/۰۳   | ۰/۷۷       | ۰/۰۹  |
| ۲۷۲۱          | ۰/۱۱      | ۰/۰۳   | ۰/۸۱       | ۰/۰۵  |
| ۲۷۲۲          | ۰/۱۱      | ۰/۰۲   | ۰/۷۱       | ۰/۱۶  |
| ۲۷۲۳          | ۰/۱۵      | ۰/۰۴   | ۰/۷۱       | ۰/۱۰  |
| ۲۷۳۱          | ۰/۲۷      | ۰/۰۷   | ۰/۶۱       | ۰/۰۵  |
| ۲۷۳۲          | ۰/۱۸      | ۰/۰۴   | ۰/۷۵       | ۰/۰۳  |
| متوسط کد ۲۶   | ۰/۲۶      | ۰/۰۵   | ۰/۵۹       | ۰/۱۰  |
| متوسط کد ۲۷   | ۰/۱۵      | ۰/۰۴   | ۰/۷۳       | ۰/۰۸  |
| متوسط ۱۱ صنعت | ۰/۲۰      | ۰/۰۵   | ۰/۶۶       | ۰/۰۹  |

مأخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)

جدول ۴ به بررسی وضعیت بیشینه و کمینه مقادیر سهم هزینه هر نهاده در میان ۱۱ صنعت پرداخته است. کمترین سهم انرژی‌بری، با سهم بسیار اندک ۳ درصد هزینه، مربوط به صنعت تولید محصولات ساخته شده از بتن، سیمان و گچ و صنعت ریخته‌گری فلزات غیر آهنی با کدهای ۲۶۹۵ و ۲۷۳۲ می‌باشد. بیشترین سهم انرژی‌بری با سهمی معادل ۲۷ درصد سهم هزینه، مربوط به صنعت تولید سیمان، آهک و گچ با کد ۲۶۹۴ است. همچنین این صنعت با تنها ۳۴ درصد هزینه، کمترین میزان به کارگیری مواد اولیه را نسبت به ۱۰ صنعت دیگر به خود اختصاص داده است و فاصله بسیار زیادی با دیگر صنایع، از دیدگاه بکارگیری مواد اولیه دارد. صنعت تولید محصولات اساسی مسی با کد طبقه‌بندی ۲۷۲۱، با توجه به کاربرد بسیار بالای مواد اولیه (۸۱ درصد هزینه تولید) در فرایند تولیدات خود، از میزان نیروی کار کمتری (۱۱ درصد) نسبت به دیگر صنایع بهره‌مندی برد. وضعیت به کارگیری نهاده سرمایه از مقدار ۲ درصد هزینه تولید در صنعت تولید محصولات

اساسی آلومینیومی (کد ۲۶۹۴) تا ۸ درصد هزینه تولید در صنعت تولید سیمان، آهک و گچ در نوسان بوده است.

جدول ۴. خلاصه وضعیت سهم هزینه نهاده تولید صنایع انرژی بر

| کد صنعت     | کمترین سهم | کد صنعت | بیشترین سهم |                |
|-------------|------------|---------|-------------|----------------|
| ۲۷۲۱ - ۲۷۲۲ | ۰/۱۱       | ۲۶۹۱    | ۰/۴۰        | سهم نیروی کار  |
| ۲۷۱۰        |            |         |             |                |
| ۲۷۲۲        | ۰/۰۲       | ۲۶۹۴    | ۰/۰۸        | سهم سرمایه     |
| ۲۶۹۴        | ۰/۳۴       | ۲۷۲۱    | ۰/۸۱        | سهم مواد اولیه |
| ۲۶۹۵ - ۲۷۳۲ | ۰/۰۳       | ۲۶۹۴    | ۰/۲۷        | سهم انرژی      |

مأخذ: مرکز آمار ایران

### تخمین پارامترهای سیستم معادلات همزمان

به منظور تخمین پارامترهای کارا برای تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه سرمایه، مواد اولیه و انرژی<sup>۱</sup> با توجه به داده‌های پانل و در نظر گرفتن خودهمبستگی، از روش برآورد سیستمی رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب تکراری (ISUR) استفاده شده است. نتایج برآورد و تخمین پارامترها در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. نتایج تخمین پارامترهای سیستم معادلات همزمان صنایع انرژی بر

| انحراف معیار | آماره t  | برآورد   | پارامتر        | انحراف معیار | آماره t  | برآورد   | پارامتر       |
|--------------|----------|----------|----------------|--------------|----------|----------|---------------|
| ۰/۰۰۳۹۷۸     | ۲/۹۶۰۵۴۵ | ۰/۰۰۳۳۹  | $\beta_{LK}^*$ | ۶/۶۷۱۷۵۸     | ۲/۰۱۶۰۹۷ | ۱۳/۴۵۰۹۱ | $\alpha_L$    |
| ۰/۰۱۶۰۱۶     | ۱/۱۳۷۴۱۵ | ۰/۰۰۰۴۷  | $\beta_{LM}^*$ | ۰/۴۵۹۶۷۳     | ۰/۵۲۰۵۳۶ | ۰/۲۳۹۲۷۶ | $\alpha_Q$    |
| ۰/۴۵۹۶۷۳     | ۰/۵۲۰۵۳۶ | ۰/۰۰۰۲۳  | $\beta_{LE}^*$ | ۰/۰۱۶۰۱۶     | ۱/۱۳۷۴۱۵ | ۰/۰۱۸۲۶۸ | $\alpha_{QQ}$ |
| ۰/۰۰۱۸۷۷     | ۰/۳۳۹۴۴۹ | ۰/۰۰۰۶۳۷ | $\beta_{KM}$   | ۰/۰۰۳۹۷۸     | ۲/۹۶۰۵۴۵ | ۱/۱۲۸۵۹۵ | $\alpha_L^*$  |
| ۰/۰۰۲۳۸۴     | ۰/۴۶۲۰۵۳ | ۰/۰۰۱۱۰۲ | $\beta_{KE}$   | ۰/۱۳۱۴۵۴     | ۱/۵۳۹۷۲۴ | ۰/۲۰۲۴۰۴ | $\alpha_K$    |
| ۰/۰۰۱۵۹۶     | ۰/۴۷۴۳۰۰ | ۰/۰۰۰۷۵۷ | $\beta_{ME}$   | ۰/۱۰۸۴۳۳     | ۲/۸۶۱۱۷۸ | ۰/۳۱۰۲۴۵ | $\alpha_M$    |
|              | -        | -        |                |              | -        | -        |               |

۱- تابع هزینه نیروی کار حذف شده است و پارامترهای این تابع از روش غیرمستقیم محاسبه می‌شود.

صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۹۳

|          |          |          |                |          |          |          |                |
|----------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------|----------------|
| ۰/۰۰۲۷۲۰ | ۰/۱۲۷۳۴۴ | ۰/۰۰۲۶۸۴ | $\beta_{LQ}^*$ | ۰/۱۴۱۰۲۴ | ۰/۱۴۷۱۶۹ | ۰/۰۲۰۷۵۴ | $\alpha_E$     |
| ۰/۰۰۴۸۲۸ | ۱/۹۷۶۹۲۸ | ۰/۰۰۹۵۴۵ | $\beta_{KQ}$   | ۰/۰۰۱۵۹۶ | ۰/۴۷۴۳۰۰ | -۰/۰۰۴۰۹ | $\beta_{LL}^*$ |
| ۰/۰۰۳۹۷۸ | ۲/۹۶۰۵۴۵ | ۰/۰۱۱۷۷۸ | $\beta_{MQ}$   | ۰/۰۰۲۶۶۷ | ۱/۹۲۱۴۵۰ | ۰/۰۰۵۱۲۴ | $\beta_{KK}$   |
| ۰/۰۰۵۰۲۹ | ۰/۰۸۹۶۲۰ | ۰/۰۰۰۴۵۱ | $\beta_{EQ}$   | ۰/۰۰۲۷۲۰ | ۰/۱۲۷۳۴۴ | ۰/۰۰۰۳۴۶ | $\beta_{MM}$   |
|          |          |          |                | ۰/۰۰۲۹۹۷ | ۰/۱۹۲۱۵۵ | ۰/۰۰۰۵۷۶ | $\beta_{EE}$   |

\* پارامترهای تابع سهم هزینه نیروی کار از روش غیرمستقیم محاسبه می‌شوند.  
مأخذ: یافته‌های محقق

تخمین پارامترها در الگوی سیستمی به منظور جلوگیری از صفرشدن ماتریس وارینانس-کوواریانس اجزای اخلاص، با حذف معادله سهم هزینه نهاده نیروی کار صورت گرفته است. پارامترهای معادله سهم تقاضای نیروی کار از روش غیرمستقیم و از طریق فروض همگنی و تقارن محاسبه می‌شوند. پارامترهای معادلات سهم هزینه عوامل تولید در جدول ۶ گزارش شده است.

جدول ۶. پارامترهای توابع سهم هزینه نهاده‌های صنایع انرژی‌بر

| معادلات سهم هزینه |           |            |           |
|-------------------|-----------|------------|-----------|
| نیروی کار         | انرژی     | مواد اولیه | سرمایه    |
| ۱/۱۲۸۵۹۵          | -۰/۰۲۰۷۵۴ | -۰/۳۱۰۲۴۵  | ۰/۲۰۲۴۰۴  |
| ۰/۰۰۳۳۹           | ۰/۰۰۱۱۰۲  | ۰/۰۰۰۶۳۷   | -۰/۰۰۵۱۲۴ |
| ۰/۰۰۰۴۷           | -۰/۰۰۰۷۵۷ | -۰/۰۰۰۳۴۶  | ۰/۰۰۰۶۳۷  |
| ۰/۰۰۰۲۳           | -۰/۰۰۰۵۷۶ | -۰/۰۰۰۷۵۷  | ۰/۰۰۱۱۰۲  |
| -۰/۰۰۲۶۸          | ۰/۰۰۰۴۵۱  | ۰/۰۱۱۷۷۸   | -۰/۰۰۹۵۴۵ |
| -۰/۰۰۴۰۹          | ۰/۰۰۰۲۳   | ۰/۰۰۰۴۷    | ۰/۰۰۳۳۹   |

مأخذ: یافته‌های محقق

با توجه به تخمین پارمترهای سیستم معادلات، از ۲ روش مستقیم (رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب با تکراری) و غیرمستقیم (فروض همگنی و تقارن)، حال می‌توان توابع تقاضای عوامل تولید مرتبط با صنایع انرژی بر را به صورت زیر استخراج نماییم.

**جدول ۷. توابع تقاضای عوامل تولید مرتبط با صنایع انرژی بر**

|   |
|---|
| تابع تقاضای سرمایه  |
| $S_K = 0/202404 - 0/005124 \ln P_K + 0/00339 \ln P_L + 0/000637 \ln P_M + 0/001102 \ln P_E - 0/009545 \ln Q$  |
| تابع تقاضای مواد اولیه  |
| $S_M = -0/310245 - 0/00346 \ln P_M + 0/00047 \ln P_L + 0/000637 \ln P_K - 0/000757 \ln P_E + 0/011778 \ln Q$  |
| تابع تقاضای انرژی   |
| $S_E = -0/020754 - 0/000576 \ln P_E + 0/00023 \ln P_L + 0/001102 \ln P_K - 0/000757 \ln P_M + 0/000451 \ln Q$ |
| تابع تقاضای نیروی کار   |
| $S_L = 1/128595 - 0/00409 \ln P_L + 0/00339 \ln P_K + 0/00047 \ln P_M + 0/00023 \ln P_E - 0/00268 \ln Q$      |

**کشش هزینه، صرفه به مقیاس و سطح تولید بهینه**

نتایج محاسبات کشش هزینه و صرفه به مقیاس، به تفکیک ۱۱ صنعت، کد ۲۶، کد ۲۷ و متوسط ۱۱ صنعت، در جدول ۸ گزارش شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تمامی ۱۱ صنعت، در طول دوره ۸۷-۱۳۷۵ صرفه به مقیاس افزایشی گسترده را تجربه می‌کنند. کلیه صنایع، کشش هزینه کوچکتر از یک دارند و مقدار عددی بدست آمده از محاسبه رابطه صرفه به مقیاس، بزرگتر از صفر بدست آمده است که گواه این است که صنایع اساسی کشور در سطحی از تولید فعالیت می‌کنند که فاصله گسترده‌ای با سطح بهینه تولید دارند. بدین ترتیب تمامی ۱۱ صنعت، به منظور کاهش هزینه واحد و افزایش سوددهی خود باید مقیاس تولید را گسترش دهند، به مفهومی واضح‌تر، مدیران بخش تولید و اجرایی این صنایع اساسی و سنگین، برای اینکه قدرت رقابتی خود را در میان صنایع داخلی و خارجی افزایش دهند، اساسی‌ترین و مهم‌ترین راهکار پیش روی

## صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۹۵

مدیران این صنایع، افزایش مقیاس تولید، به منظور نزدیک کردن سطح تولید، به سطح بهینه تولید می‌باشد.

در جدول ۸، محاسبات صرفه مقیاس در سطح کد ۲ رقمی ۲۶ و ۲۷ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که در صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی (کد ۲۶)، نسبت به صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) از مزیت صرفه به مقیاس به میزان کمتری بهره‌برداری شده است و صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی دارای صرفه مقیاس بزرگتری است. کشش هزینه و صرفه به مقیاس در سطح متوسط داده‌های ۱۱ صنعت به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۱۴ بدست آمده است که حکایت از صرفه به مقیاس گسترده در سطح متوسط ۱۱ صنعت دارد. به مفهوم اقتصادی، کلیه صنایع در قسمت نزولی LAC<sup>۱</sup> فعالیت می‌کنند و چنانچه مقیاس تولید خود را گسترش دهند، هزینه با نسبت کمتری افزایش پیدا می‌کند. تفسیر رقم ۰/۱۴ برای صرفه به مقیاس بدین ترتیب می‌باشد. چنانچه بنگاه مقیاس تولید بنگاه ۱ درصد افزایش یابد، هزینه تولید بنگاه ۰/۸۶ درصد افزایش می‌یابد و ۱۴ درصد صرفه‌جویی در هزینه تولید ناشی از گسترش مقیاس و فعالیت در وسعت گسترده‌تر رخ خواهد داد.

جدول ۸. کشش هزینه و صرفه به مقیاس در صنایع انرژی‌بر

| کد صنعت | کشش هزینه | صرفه به مقیاس | کد صنعت    | کشش هزینه | صرفه به مقیاس |
|---------|-----------|---------------|------------|-----------|---------------|
| ۲۶۹۱    | ۰/۸۶      | ۰/۱۴          | ۲۷۲۲       | ۰/۸۹      | ۰/۱۱          |
| ۲۶۹۲    | ۰/۸۱      | ۰/۱۹          | ۲۷۲۳       | ۰/۷۷      | ۰/۲۳          |
| ۲۶۹۴    | ۰/۸۷      | ۰/۱۳          | ۲۷۳۱       | ۰/۸۸      | ۰/۱۲          |
| ۲۶۹۵    | ۰/۸۹      | ۰/۱۱          | ۲۷۳۲       | ۰/۸۴      | ۰/۱۶          |
| ۲۶۹۹    | ۰/۸۴      | ۰/۱۶          | ۲۶         | ۰/۸۵      | ۰/۱۵          |
| ۲۷۱۰    | ۰/۹۲      | ۰/۰۸          | ۲۷         | ۰/۸۶      | ۰/۱۴          |
| ۲۷۲۱    | ۰/۸۷      | ۰/۰۱۳         | کل ۱۱ صنعت | ۰/۸۶      | ۰/۱۴          |

مأخذ: یافته‌های محقق

خلاصه وضعیت کشش هزینه و صرفه به مقیاس ۱۱ صنعت در جدول ۹ گزارش شده است. بیشترین صرفه به مقیاس و بالتبع کمترین کشش هزینه محاسبه شده در دوره ۸۷-۱۳۷۵ مربوط به

### 1. Long Run Average Cost

صنعت تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم با کد ۲۷۲۳ می باشد. متوسط صرفه به مقیاس بدست آمده برای ۱۱ صنعت با مقدار محاسبه شده برای صنعت تولید کالاهای سرامیکی غیرنسوز غیرساختمانی (کد ۲۶۹۱) برابری می کند. کمترین صرفه به مقیاس گزارش شده، مربوط به صنعت تولید محصولات اولیه آهن و فولاد (کد ۲۷۱۰) می باشد. مفهوم کمترین مقدار صرفه به مقیاس (بیشترین کشش هزینه) به این ترتیب می باشد که چنانچه مقیاس تولید بنگاه افزایش یابد، کاهش کمتری در هزینه تولید را در پی دارد و صرفه جویی در هزینه نسبت به دیگر صنایع کمتر می باشد. بیشترین و کمترین صرفه جویی در هزینه به ترتیب مربوط به صنعت تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم (کد ۲۷۲۳) و صنعت تولید محصولات اولیه آهن و فولاد (کد ۲۷۱۰) است.

جدول ۹. خلاصه وضعیت کشش هزینه و صرفه به مقیاس صنایع انرژی بر

| کد صنعت | کشش هزینه | صرفه به مقیاس |                             |
|---------|-----------|---------------|-----------------------------|
| ۲۷۲۳    | ۰/۷۷      | ۰/۲۳          | بیشترین مقدار صرفه به مقیاس |
| ۲۶۹۱    | ۰/۸۶      | ۰/۱۴          | متوسط مقدار صرفه به مقیاس   |
| ۲۷۱۰    | ۰/۹۲      | ۰/۰۸          | کمترین مقدار صرفه به مقیاس  |

مأخذ: یافته های محقق

پس از محاسبه صرفه به مقیاس و کشش هزینه صنایع، به محاسبه سطح تولید بهینه و مقایسه با سطح تولید واقعی هر صنعت پرداخته شده است. جدول ۱۰ میزان سطح تولید بهینه و سطح واقعی تولید به تفکیک ۱۱ صنعت در طی ۱۳ سال مورد بررسی را نمایش داده است. سطح تولید بهینه در واقع همان سطح حداقل هزینه متوسط تولید می باشد. این سطح تولید، کاراترین مقیاس فعالیت بوده و جهت محاسبه سطح تولید بهینه باید کشش هزینه بدست آمده برای هر صنعت را مساوی صفر قرار داد. ذکر این نکته ضروری می باشد که هرچه صرفه به مقیاس بیشتر باشد، میزان فاصله سطح تولید واقعی از سطح تولید بهینه، بیشتر است و بنگاه از کاراترین مقیاس، دورتر بوده و هزینه واحد بیشتری داراست.

صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۹۷

جدول ۱۰. سطح تولید بهینه و واقعی صنایع انرژی‌بر

| کد صنعت | سطح تولید بهینه | سطح تولید واقعی | کد صنعت          | سطح تولید بهینه | سطح تولید واقعی |
|---------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| ۲۶۹۱    | ۱/۸۲۲۱۴E+۱۵     | ۸/۵۸۷۲۴E+۱۱     | ۲۷۲۲             | ۹/۴۷۴۷E+۱۴      | ۳/۶۱۲۷۷E+۱۲     |
| ۲۶۹۲    | ۴/۹۹۴۳۲E+۱۶     | ۵/۲۱۲۲۹E+۱۱     | ۲۷۲۳             | ۲/۰۵۵۳۲E+۱۷     | ۱/۱۶۶۲۲E+۱۲     |
| ۲۶۹۴    | ۶/۳۴۶۳۵E+۱۵     | ۶/۲۲۲۴۲E+۱۲     | ۲۷۳۱             | ۶/۸۰۹۳۵E+۱۴     | ۱/۵۴۹۶۳E+۱۲     |
| ۲۶۹۵    | ۶/۸۷۰۰۹E+۱۴     | ۲/۳۸۶۵۴E+۱۲     | ۲۷۳۲             | ۱/۱۸۰۲۳E+۱۵     | ۳/۱۴۰۴۳E+۱۱     |
| ۲۶۹۹    | ۶/۰۹۹۷۹E+۱۵     | ۱/۹۲۵۹۵E+۱۲     | ۲۶               | ۱/۲۹۷۹۷E+۱۶     | ۲/۳۸۱۹۷E+۱۲     |
| ۲۷۱۰    | ۱/۴۳۴۶۳E+۱۵     | ۳/۳۹۵۷۶E+۱۳     | ۲۷               | ۳/۵۳۹۷۵E+۱۶     | ۷/۷۶۱۷۱E+۱۲     |
| ۲۷۲۱    | ۲/۶۱۰۱۵E+۱۵     | ۵/۹۷۰۰۴E+۱۲     | متوسط ۱۱<br>صنعت | ۲/۵۲۰۷۶E+۱۶     | ۵/۳۱۶۸۳E+۱۲     |

مأخذ: یافته‌های محقق

جدول ۱۱، به تحلیل فاصله سطح تولید واقعی از سطح بهینه تولید با در نظر گرفتن صرفه به مقیاس، پرداخته است. با در نظر گرفتن صرفه به مقیاس اندازه‌گیری شده برای تک تک صنایع، تفاوت در فاصله میان دو سطح بهینه و سطح واقعی، قابل درک می‌باشد. همانگونه که ذکر شد، هرچه صرفه به مقیاس گسترده‌تر باشد، در نتیجه فاصله میان سطح تولید در مقیاس کارا از سطح تولید بنگاه بیشتر است. با توجه به صرفه به مقیاس ۱۴ درصد، سطح تولید بهینه (در سطح متوسط داده‌های ۱۱ صنعت)، برابر با  $۲/۵۲۰۷۶E+۱۶$  ریال بدست آمده است که با سطح تولید واقعی به میزان  $۲/۵۲۰۲۳E+۱۶$  ریال فاصله دارد.

جدول ۱۱. فاصله سطح تولید بهینه از سطح واقعی تولید در صنایع انرژی‌بر

| کد صنعت | صرفه به مقیاس | تفاضل سطح بهینه از سطح واقعی تولید | کد صنعت | صرفه به مقیاس | تفاضل سطح بهینه از سطح واقعی تولید |
|---------|---------------|------------------------------------|---------|---------------|------------------------------------|
| ۲۶۹۱    | ۰/۱۴          | ۱/۸۲۱۲۸E+۱۵                        | ۲۷۲۲    | ۰/۱۱          | ۹/۴۳۸۵۸E+۱۴                        |
| ۲۶۹۲    | ۰/۱۹          | ۴/۹۹۴۲۷E+۱۶                        | ۲۷۲۳    | ۰/۲۳          | ۲/۰۵۵۳۰E+۱۶                        |
| ۲۶۹۴    | ۰/۱۳          | ۶/۳۴۰۱۳E+۱۵                        | ۲۷۳۱    | ۰/۱۲          | ۶/۷۹۳۸۶E+۱۴                        |
| ۲۶۹۵    | ۰/۱۱          | ۶/۸۴۶۲۲E+۱۴                        | ۲۷۳۲    | ۰/۱۶          | ۱/۱۷۹۹۱E+۱۵                        |

۹۸ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال دوم شماره ۶

|             |      |                  |             |      |      |
|-------------|------|------------------|-------------|------|------|
| ۱/۲۹۷۹۷E+۱۶ | ۰/۱۵ | ۲۶               | ۶/۰۹۷۸۷E+۱۵ | ۰/۱۶ | ۲۶۹۹ |
| ۳/۵۳۹۷۵E+۱۶ | ۰/۱۴ | ۲۷               | ۱/۴۰۰۶۷E+۱۵ | ۰/۰۸ | ۲۷۱۰ |
| ۲/۵۲۰۲۳E+۱۶ | ۰/۱۴ | متوسط ۱۱<br>صنعت | ۲/۶۰۴۱۸E+۱۵ | ۰/۱۳ | ۲۷۲۱ |

مأخذ: یافته‌های محقق

جدول ۱۲ به تحلیل خلاصه وضعیت سطح تولید بهینه از منظر بیشترین و کمترین مقدار سطح تولید بهینه پرداخته است. آنچه که از این جدول برمی آید، این است که صنعت تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم با کد ۲۷۲۳، دارای بالاترین سطح تولید بهینه نسبت به دیگر صنایع بوده و صنعت ریخته‌گری آهن و فولاد با کد ۲۷۳۱، پایین‌ترین سطح تولید بهینه را داراست. ذکر یک نکته بسیار مهم و اساسی می‌باشد و آن این است که، سطح تولید بهینه و صرفه به مقیاس، دو مفهوم متفاوت می‌باشد. سطح تولید بهینه، همان نقطه حداقل منحنی LAC است و صرفه به مقیاس به نوعی میزان تغییرات در هزینه و تولید در رسیدن به سطح بهینه را مشخص می‌کند. بنابراین، صرفه به مقیاس بیشتر به معنای سطح بهینه تولید بزرگتر نمی‌باشد، بلکه فاصله بیشتر سطح تولید واقعی از سطح بهینه است.

جدول ۱۲. خلاصه وضعیت سطح تولید بهینه و سطح تولید واقعی صنایع انرژی‌بر

| کد صنعت       | سطح تولید واقعی | سطح تولید بهینه |                               |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| ۲۷۲۳          | ۱/۱۶۶۲۲E+۱۲     | ۲/۰۵۵۳۲E+۱۷     | بیشترین میزان سطح تولید بهینه |
| متوسط کل صنعت | ۵/۳۱۶۸۳E+۱۲     | ۲/۵۲۰۷۶E+۱۶     | متوسط میزان سطح تولید بهینه   |
| ۲۷۳۱          | ۱/۵۴۹۶۳E+۱۲     | ۶/۸۰۹۳۵E+۱۴     | کمترین میزان سطح تولید بهینه  |

مأخذ: یافته‌های محقق

کشش خودقیمتی و متقاطع

نتایج کشش خودقیمتی و متقاطع میان نهاده‌های تولید در ۱۱ صنعت کد ۴ رقمی ۲۶ و ۲۷ در جدول ۱۳ گزارش شده است. کلیه کشش‌ها دارای علامت مورد انتظار هستند (کلیه کشش‌های



### صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کسش جانشینی در ... ۹۹

خود قیمتی دارای علامت منفی می‌باشند)، به عبارت دیگر، چنانچه قیمت این نهاده‌ها افزایش پیدا کند، میزان به کارگیری این نهاده‌ها کاهش پیدا می‌کند تا سطح تولید ثابت بماند.

بر اساس مقادیر کسش متقاطع بدست آمده، کلیه مقادیر کسش متقاطع مثبت بوده و میان نهاده‌ها رابطه جانشینی برقرار می‌باشد. بررسی کسش‌های متقاطع در سطح میانگین داده‌های ۱۱ صنعت، نشان می‌دهد که قوی‌ترین رابطه جانشینی میان نهاده مواد اولیه و دیگر نهاده‌ها وجود دارد. یکی از دلایل این مسئله، سهم بالاتر مواد اولیه نسبت به دیگر نهاده‌ها می‌باشد. نتایج کسش متقاطع میان نهاده انرژی با سایر نهاده‌ها (در سطح میانگین داده‌های ۱۱ صنعت)، نشان می‌دهد که با تغییر در قیمت سایر نهاده‌ها، نهاده انرژی جانشین ضعیفی برای نهاده‌های نیروی کار و سرمایه است در حالی که جانشین خوبی برای نهاده مواد اولیه به شمار می‌رود. بطوریکه قیمت نهاده مواد اولیه ادرصد افزایش یابد، نهاده انرژی به میزان ۰/۶۵ درصد جایگزین نهاده مواد اولیه می‌شود. با تغییر قیمت انرژی، سایر نهاده‌ها قابلیت جانشینی ضعیفی با نهاده انرژی دارند. با توجه به کسش‌های محاسبه شده در ۱۱ صنعت، قوی‌ترین رابطه جانشینی متقاطع میان انرژی و مواد اولیه با مقدار کسش ۰/۸۰، در صنعت تولید محصولات اساسی مسی با کد ۲۷۲۱، برقرار است و ضعیف‌ترین رابطه جانشینی نهاده انرژی با نهاده سرمایه، با مقدار کسش ۰/۰۳، در صنعت تولید محصولات اساسی آلومینیومی با کد ۲۷۲۲ وجود دارد. از نکات قابل توجه، این است که صنعت تولید سیمان، آهک و گچ با کد ۲۶۹۴، با توجه به آنکه بالاترین سهم انرژی‌بری را در میان دیگر صنایع در اختیار دارد، بیشترین حساسیت را به تغییرات قیمت انرژی، و جایگزینی سایر نهاده‌ها با این نهاده از خود نشان می‌دهد.

جدول ۱۳. کسش جانشینی خود قیمتی و متقاطع میان نهاده‌های صنایع انرژی‌بر

|       |            | ۲۶۹۲   |           |       | ۲۶۹۱       |        |           |            |
|-------|------------|--------|-----------|-------|------------|--------|-----------|------------|
| انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۰/۰۵  | ۰/۶۸       | ۰/۰۸   | -۰/۸۱     | ۰/۰۵  | ۰/۵۰       | ۰/۰۶   | -۰/۶۱     | نیروی کار  |
| ۰/۰۶  | ۰/۷۰       | -۱/۰۲  | ۰/۲۶      | ۰/۰۷  | ۰/۵۱       | -۱/۰۶  | ۰/۴۷      | سرمایه     |
| ۰/۰۵  | -۰/۳۲      | ۰/۰۶   | ۰/۲۱      | ۰/۰۵  | -۰/۵۰      | ۰/۰۵   | ۰/۴۰      | مواد اولیه |
| -۰/۹۶ | ۰/۶۷       | ۰/۰۹   | ۰/۲۱      | -۰/۹۶ | ۰/۴۹       | ۰/۰۷   | ۰/۴۰      | انرژی      |

۱۰۰ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال دوم شماره ۶

| ۲۶۹۵  |            |        |           | ۲۶۹۴  |            |        |           |            |
|-------|------------|--------|-----------|-------|------------|--------|-----------|------------|
| انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۰/۰۳  | ۰/۷۱       | ۰/۰۵   | -۰/۷۹     | ۰/۲۷  | ۰/۳۴       | ۰/۰۹   | -۰/۷۰     | نیروی کار  |
| ۰/۰۶  | ۰/۷۳       | -۱/۱۱  | ۰/۳۲      | ۰/۲۹  | ۰/۳۴       | -۰/۹۸  | ۰/۳۵      | سرمایه     |
| ۰/۰۳  | -۰/۳۰      | ۰/۰۴   | ۰/۲۳      | ۰/۲۷  | -۰/۶۶      | ۰/۰۸   | ۰/۳۱      | مواد اولیه |
| -۰/۹۹ | ۰/۶۸       | ۰/۰۸   | ۰/۲۳      | -۰/۷۳ | ۰/۳۳       | ۰/۰۸   | ۰/۳۱      | انرژی      |
| ۲۷۱۰  |            |        |           | ۲۶۹۹  |            |        |           |            |
| انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۰/۱۰  | ۰/۷۷       | ۰/۰۶   | -۰/۹۲     | ۰/۰۷  | ۰/۷۱       | ۰/۰۶   | -۰/۸۴     | نیروی کار  |
| ۰/۱۳  | ۰/۷۹       | -۱/۱۱  | ۰/۲۱      | ۰/۱۰  | ۰/۷۳       | -۱/۱۰  | ۰/۲۷      | سرمایه     |
| ۰/۰۹  | -۰/۲۳      | ۰/۰۳   | ۰/۱۱      | ۰/۰۷  | -۰/۲۹      | ۰/۰۴   | ۰/۱۸      | مواد اولیه |
| -۰/۹۱ | ۰/۷۶       | ۰/۰۴   | ۰/۱۱      | -۰/۹۳ | ۰/۷۰       | ۰/۰۵   | ۰/۱۸      | انرژی      |
| ۲۷۲۲  |            |        |           | ۲۷۲۱  |            |        |           |            |
| انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۰/۱۶  | ۰/۷۱       | ۰/۰۵   | -۰/۹۲     | ۰/۰۵  | ۰/۸۱       | ۰/۰۶   | -۰/۹۲     | نیروی کار  |
| ۰/۲۱  | ۰/۷۳       | -۱/۲۱  | ۰/۲۷      | ۰/۰۸  | ۰/۸۳       | -۱/۱۴  | ۰/۲۲      | سرمایه     |
| ۰/۱۶  | -۰/۲۹      | ۰/۰۲   | ۰/۱۱      | ۰/۰۵  | -۰/۱۹      | ۰/۰۳   | ۰/۱۱      | مواد اولیه |
| -۰/۸۴ | ۰/۷۰       | ۰/۰۳   | ۰/۱۱      | -۰/۹۷ | ۰/۸۰       | ۰/۰۵   | ۰/۱۲      | انرژی      |
| ۲۷۳۱  |            |        |           | ۲۷۲۳  |            |        |           |            |
| انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۰/۰۵  | ۰/۶۱       | ۰/۰۸   | -۰/۷۴     | ۰/۱۰  | ۰/۷۱       | ۰/۰۷   | -۰/۸۷     | نیروی کار  |
| ۰/۰۷  | ۰/۶۲       | -۱/۰۱  | ۰/۳۲      | ۰/۱۲  | ۰/۷۲       | -۱/۰۷  | ۰/۲۳      | سرمایه     |
| ۰/۰۵  | -۰/۳۹      | ۰/۰۷   | ۰/۲۷      | ۰/۰۹  | -۰/۲۹      | ۰/۰۴   | ۰/۱۵      | مواد اولیه |
| -۰/۹۶ | ۰/۶۰       | ۰/۰۸   | ۰/۲۷      | -۰/۹۱ | ۰/۷۰       | ۰/۰۵   | ۰/۱۵      | انرژی      |

صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۱۰۱

| متوسط ۱۱ صنعت |            |        |           | ۲۷۳۲  |            |        |           |            |
|---------------|------------|--------|-----------|-------|------------|--------|-----------|------------|
| انرژی         | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۰/۰۹          | ۰/۶۶       | ۰/۰۶   | -۰/۸۲     | ۰/۰۳  | ۰/۷۵       | ۰/۰۶   | -۰/۸۵     | نیروی کار  |
| ۰/۱۱          | ۰/۶۸       | -۱/۰۸  | ۰/۲۹      | ۰/۰۶  | ۰/۷۷       | -۱/۰۸  | ۰/۲۵      | سرمایه     |
| ۰/۰۸          | -۰/۳۴      | ۰/۰۵   | ۰/۲۰      | ۰/۰۳  | -۰/۲۵      | ۰/۰۴   | ۰/۱۷      | مواد اولیه |
| -۰/۹۲         | ۰/۶۵       | ۰/۰۶   | ۰/۲۱      | -۰/۹۹ | ۰/۷۳       | ۰/۰۸   | ۰/۱۸      | انرژی      |

مأخذ: یافته‌های محقق

**کشش جانشینی موریشیما**

مقادیر محاسبه شده برای کشش جانشینی فنی موریشیما در جدول ۱۴، گزارش شده است. نتایج بدست آمده از کشش متقاطع، حکایت از جانشینی کلیه نهاده‌ها با یکدیگر دارند، مقادیر عددی کشش موریشیما نیز حاکی از تأیید رابطه جانشینی فنی کلیه نهاده‌ها با یکدیگر است. اکثر مقادیر بدست آمده، بیانگر رابطه جانشینی قوی میان کلیه نهاده‌ها با یکدیگر است، به گونه‌ای که مقادیر بدست آمده، اکثراً مساوی و بالاتر از یک می‌باشد. بدین ترتیب کلیه صنایع، قدرت انتخاب بسیاری در جانشین ساختن نهاده‌های تولید با یکدیگر دارند و قادر خواهند بود با تغییر هر یک از نهاده‌ها، نهاده‌ای که بالاترین قابلیت جانشینی را داراست، جایگزین نهاده‌ای نمایند که قیمت آن تغییر کرده است.

**جدول ۱۴. کشش جانشینی فنی موریشیما میان نهاده‌های صنایع انرژی‌بر**

| ۲۶۹۲  |            |        |           | ۲۶۹۱  |            |        |           |            |
|-------|------------|--------|-----------|-------|------------|--------|-----------|------------|
| انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۱/۰۲  | ۱/۰۲       | ۱/۰۷   | -         | ۱/۰۱  | ۱          | ۱/۰۸   | -         | نیروی کار  |
| ۱/۱۰  | ۱/۰۸       | -      | ۱/۱۰      | ۱/۱۳  | ۱/۱۱       | -      | ۱/۱۱      | سرمایه     |
| ۰/۹۸  | -          | ۱/۰۱   | ۱         | ۰/۹۹  | -          | ۱/۰۱   | ۱         | مواد اولیه |
| -     | ۱/۰۱       | ۱/۰۳   | ۱/۰۱      | -     | ۱          | ۱/۰۳   | ۱/۰۱      | انرژی      |
| ۲۶۹۵  |            |        |           | ۲۶۹۴  |            |        |           |            |

۱۰۲ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال دوم شماره ۶

| انرژی         | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
|---------------|------------|--------|-----------|-------|------------|--------|-----------|------------|
| ۱/۰۲          | ۱/۰۲       | ۱/۱۱   | -         | ۱/۰۱  | ۱/۰۱       | ۱/۰۵   | -         | نیروی کار  |
| ۱/۱۸          | ۱/۱۴       | -      | ۱/۱۶      | ۱/۰۷  | ۱/۰۶       | -      | ۱/۰۷      | سرمایه     |
| ۰/۹۷          | -          | ۱/۰۲   | ۱         | ۱     | -          | ۱      | ۱         | مواد اولیه |
| -             | ۱/۰۲       | ۱/۰۵   | ۱/۰۲      | -     | ۱          | ۱/۰۲   | ۱         | انرژی      |
| ۲۷۱۰          |            |        |           | ۲۶۹۹  |            |        |           |            |
| انرژی         | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۱/۰۴          | ۱/۰۳       | ۱/۱۴   | -         | ۱/۰۲  | ۱/۰۲       | ۱/۱۱   | -         | نیروی کار  |
| ۱/۱۶          | ۱/۱۵       | -      | ۱/۱۸      | ۱/۱۵  | ۱/۱۳       | -      | ۱/۱۵      | سرمایه     |
| ۰/۹۹          | -          | ۱/۰۲   | ۱         | ۰/۹۹  | -          | ۱/۰۲   | ۱         | مواد اولیه |
| -             | ۱          | ۱/۰۴   | ۱/۰۱      | -     | ۱/۰۱       | ۱/۰۴   | ۱/۰۱      | انرژی      |
| ۲۷۲۲          |            |        |           | ۲۷۲۱  |            |        |           |            |
| انرژی         | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۱/۰۳          | ۱/۰۳       | ۱/۱۹   | -         | ۱/۰۴  | ۱/۰۳       | ۱/۱۵   | -         | نیروی کار  |
| ۱/۲۴          | ۱/۲۳       | -      | ۱/۲۶      | ۱/۱۹  | ۱/۱۷       | -      | ۱/۲۰      | سرمایه     |
| ۱             | -          | ۱/۰۳   | ۱         | ۰/۹۸  | -          | ۱/۰۲   | ۱         | مواد اولیه |
| -             | ۱          | ۱/۰۵   | ۱/۰۱      | -     | ۱/۰۱       | ۱/۰۵   | ۱/۰۱      | انرژی      |
| ۲۷۳۱          |            |        |           | ۲۷۲۳  |            |        |           |            |
| انرژی         | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار | انرژی | مواد اولیه | سرمایه | نیروی کار |            |
| ۱/۰۲          | ۱/۰۱       | ۱/۰۷   | -         | ۱/۰۳  | ۱/۰۲       | ۱/۱۰   | -         | نیروی کار  |
| ۱/۱۰          | ۱/۰۸       | -      | ۱/۰۹      | ۱/۱۳  | ۱/۱۲       | -      | ۱/۱۴      | سرمایه     |
| ۰/۹۹          | -          | ۱/۰۱   | ۱         | ۰/۹۹  | -          | ۱/۰۱   | ۱         | مواد اولیه |
| -             | ۱/۰۱       | ۱/۰۳   | ۱/۰۱      | -     | ۱          | ۱/۰۳   | ۱/۰۱      | انرژی      |
| متوسط ۱۱ صنعت |            |        |           | ۲۷۳۲  |            |        |           |            |

صرفه‌های مقیاس، سطح تولید بهینه و کشش جانشینی در ... ۱۰۳

| نیروی کار  | سرمایه | مواد اولیه | انرژی | نیروی کار | سرمایه | مواد اولیه | انرژی |
|------------|--------|------------|-------|-----------|--------|------------|-------|
| نیروی کار  | ۱/۱۰   | ۱/۰۲       | ۱/۰۲  | -         | ۱/۰۳   | ۱/۰۲       | ۱/۰۲  |
| سرمایه     | ۱/۱۴   | -          | ۱/۱۲  | ۱/۱۵      | ۱/۱۶   | ۱/۱۳       | ۱/۱۵  |
| مواد اولیه | ۱      | ۱/۰۲       | -     | ۱         | ۰/۹۸   | -          | ۰/۹۹  |
| انرژی      | ۱/۰۲   | ۱/۰۴       | ۱/۰۲  | ۱/۰۱      | -      | ۱/۰۱       | -     |

مأخذ: یافته‌های محقق

## ۶. جمع‌بندی

در این پژوهش به تحقیق و بررسی ساختار ۱۱ صنعت انرژی‌بر از طریق شاخص‌های کشش هزینه تولید، صرفه به مقیاس، سطح تولید بهینه، تابع تقاضای عوامل تولید، کشش خود قیمتی و متقاطع و در آخر کشش جانشینی فنی موریشیما، پرداخته شد. سهم هزینه نهاده‌های بکار رفته در صنایع مورد بررسی بدین ترتیب بوده است که، به طور متوسط، انرژی با ۹ درصد از هزینه اجرایی صنایع، نقش مهمی داشته و مواد اولیه با سهمی معادل ۶۶ درصد، مهم‌ترین و مؤثرترین نهاده، در فرایند تولید بوده است. مقادیر بدست آمده از محاسبه کشش هزینه این گونه می‌باشد که، کلیه ۱۱ صنعت دارای کشش هزینه کوچکتر از یک و بنابراین صرفه به مقیاس افزایشی هستند. با توجه به نتایج یافت شده از تخمین سطح بهینه تولید و مقایسه سطح تولید واقعی صنایع، می‌توان این گونه استنباط کرد که کلیه صنایع انرژی‌بر، فاصله بسیار زیادی از تولید در کاراترین مقیاس دارند و به جهت افزایش قدرت رقابتی و سطح سوددهی خود، باید مقیاس تولید خود را افزایش دهند. نتایج کشش متقاطع میان نهاده انرژی با سایر نهاده‌ها (در سطح میانگین داده‌های ۱۱ صنعت) نشان می‌دهد که با تغییر در قیمت سایر نهاده‌ها، نهاده انرژی جانشین ضعیفی برای نهاده‌های نیروی کار و سرمایه است، در حالی که جانشین خوبی برای نهاده مواد اولیه به شمار می‌رود. با توجه به مقادیر بدست آمده از کشش جانشینی موریشیما، حساسیت و کشش پذیر بودن نسبت به نهاده‌های تولید، حکایت از قدرت انتخاب بالای صنایع، در جانشین کردن عوامل تولید با یکدیگر دارد.

## منابع

### الف- فارسی

خداداد کاشی، فرهاد (۱۳۸۶)، «صرفه‌های مقیاس در اقتصاد ایران»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۰

خداداد کاشی، فرهاد (۱۳۸۹)، *اقتصاد صنعتی (نظریه و کاربرد)*، مرکز تحقیق و توسعه، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

عمادزاده مصطفی، آذربایجانی، کریم و غلامرضا زمانیان (۱۳۸۰) «صرفه‌های ناشی از مقیاس: تحلیلی از وضعیت شرکت ذوب آهن اصفهان»، مجله تحقیقات اقتصادی، دوره ۵۹، صفحات ۹۵-۱۱۶.

محمدی تیمور و رضا طالبلو (۱۳۸۹)، «صرفه‌های ناشی از ابعاد و مقیاس در صنعت بانکداری ایران»، فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۷، ۵۴-۲۵.

### ب- انگلیسی

Akkemik, K. A. (2009), "Cost function Estimates, Scale Economies and Technological Progress in the Turkish Electricity Generation Sector", *Energy Policy*, No. 37, pp. 204-213.

Berndt, E. R. and M. S. Khaled (1979), "Parametric Productivity Measurement and Choice Among Flexible Functional Forms", *Journal of Political Economy*, No. 87, pp. 1220-1245.

Blackorby, C. and R. R. Russell (1989), "Will the Real Elasticity of Substitution Please Stand up? ( A Comparison of the Allen/Uzawa and Morishima Elasticities)", *The American Economic Review*, No. 79, pp. 882-888.

Chambers, R. G. (1988), *Applied Production Analysis: A Dual Approach*, Cambridge University Press, Cambridge, MA, pp. 1-327.

Christensen, L. R., Jorgenson, D. W. and L. J. Lau (1973), "Transcendental Logarithmic Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, No. 55, pp. 28-45.

Degl'Innocenti, M. and C. Girardone (2012), "Ownership, Diversification and Cost Advantages: Evidence from the Italian Leasing Industry", *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, No. 22, pp. 879- 896.

Ebadi, J. and M. S. Mousavi (2006), "The Economies of Scale In Iran Manufacturing Establishments", *Iranian Economic Review*, No. 11.

- Fetz, A. and M. Filippini (2010), "Economies of Vertical Integration in the Swiss Electricity Sector", *Energy Economics*, No. 32, pp. 1325-1330.
- Mancuso, Paolo (2012), "Regulation and Efficiency in Transition: The Case of Telecommunications", *International Journal of Production Economics*, No. 135, pp. 762-770.
- Martin, J. C., Concepcion, R. and A. Voltes-Dorta (2011), "Scale Economies and Marginal Costs in Spanish Airports", *Transportation Research*, No. 47, pp. 238-248.
- Morishima, M. (1967), "A Few Suggestions on the Theory of Elasticity", *Economic Review*, No. 16, pp. 144-150.
- Shephard, R. S. (1970), *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Stigler, J. J. (1958), "The Economies of Scale", *Journal of Law and Economics*, No. 1, pp. 54-71.
- Truett, L. J. and D. B. Truett (2007), "A Cost-Based Analysis of Scale Economies in The French Auto Industry", *International Review of Economics and Finance*, No. 16, pp. 369-382.
- Zellner, A. (1962), "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Association*, No. 58, pp. 977-992.

