مجله تحقیقات اقتصادی / شماره ۵۹ / پاییز و زمستان ۸۰ / صفحات ۱۱۶-۹۵

صرفه‌های ناشی از مقیاس: تحلیلی از وضعیت شرکت ذوب آهن اصفهان

دکترمصطفی عمادزاده

عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشگاه‌اصفهان

دکتر کریم آذربایجانی

عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشگاه‌اصفهان

غلامرضا زمانیان

عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

صنعت فولاد از جمله صنایعی است که پایه و محور توسعهٔ کشورهای صنعتی را تشکیل داده و گذشته از بُعد فنی، از نظر سیاسی، اقتصادی واجتماعی نیز بسیار حائز اهمیت است. کشور ایران با وجود داشتن منابع غنی معدنی، انرژی و همچنین نیروی انسانی ارزان و متخصص، به دلیل مشکلات مربوط به هشت سال جنگ تحمیلی و بعضاً سیاستهای نادرست در طول برنامه‌های عمرانی که بر اقتصاد کشور سنگینی می‌کند، نتوانسته است جایگاهی شایسته در تجارت جهانی فولاد بـه دست آورد. در چنین شرایطی بررسی اقتصادی این صنعت بویژه تعیین صرفه‌های ناشی از مقیاس و تبیین ساختار هزینه‌ای آن درتوسعه و گسترش این صنعت نقش بسزایی دارد.

مقالهٔ حاضر درصدد است که صرفه‌های ناشی از مقیاس را در کـارخـانهٔ ذوب آهـن اصـفهان بـا استفاده ازتابع هزینهٔ ترانسلوگ به دست آورد و همچنین به سؤالاتی از قبیل اینکه آیا تابع هزینهٔ ترانسلوگ مناسبترین الگو جهت توضیح ارتباط بین تولید و قیمت عوامل تولید است، آیا درکارخانهٔ مذکور صرفه‌های ناشی از مقیاس در طول دورهٔ مورد بررسی وجود داشته است و... پاسخ گوید.

روش مورد استفاده برای برآورد تابع هزینهٔ ترانسلوگ، رگرسیونهای ظاهراً نامرتبط تکراری می‌باشد.[1] نتایج حاصل از بررسیها نشان می‌دهد که مناسبترین الگو جهت توضیح ارتباط بین تولید و قیمت عوامل تولید، تابع هزینهٔ ترانسلوگ است و همچنین در طی دورهٔ مورد بررسی داشتن صرفه‌های ناشی از مقیاس از ویژگیهای بارز این واحد تولیدی بوده که شاید ناشی از عدم نیل به ظرفیتهای اسمی در این کارخانه بوده است.

کلید واژه‌ها

صرفه‌های ناشی از مقیاس / تابع هزینه / تابع هزینه ترانسلوگ / صنعتی شدن / صنایع سنگین / ذوب آهن اصفهان / رگرسیون‌های ظاهراً نامرتبط تکراری / کششهای جزئی آلن.

۱ـ مقدمه

اگر هدف، اندازه و چگونگی تغییر سطح محصول پس از تغییر عوامل مختلف تولیدی باشد باید به بازدهی نسبت به مقیاس پرداخته شود. به دیگر سخن، بازدهی نسبت به مقیاس عبارت است از چگونگی تغییر در محصول، هر گاه تمام عوامل تولیدی به یک نسبت تغییر کنند (Jehle, 1991). اهمیت صرفه‌های ناشی از مقیاس از این جهت است که انتخاب و توسعه بنگاههای جدید در یک صنعت می‌تواند با توجه به مقولهٔ مقیاس اقتصادی صورت گیرد. از آنجایی که هزینهٔ بنگاهها در مقیاسهای مختلف تولید متفاوت می‌باشد، انتخاب مناسب مقیاس اقتصادی اهمیت دو چندان می‌یابد.

هدف از این مقاله، بررسی و تعیین صرفه‌های ناشی از مقیاس در کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان به منظور ارائه راهکارهایی در صورت وجود صرفه‌های ناشی از مقیاس در این بنگاه است. بدین جهت، همچون کارهای مشابه تجربی در این زمینه به بررسی تابع هزینهٔ ترانسلوگ پرداخته می‌شود. پس از مروری بر ادبیات موضوع، مدل تابع هزینه مناسب برای کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان ارائه خواهد گردید که راهگشای دستیابی به هدف فوق خواهد بود. سپس به برآورد مدل و تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته می‌شود.

1- Iterative Seemingly Unrelated Regression.

در انتها جمع‌بندی نتایج و پیشنهادها ارائه می‌گردد.

۲ـ مروری بر سوابق موضوع

دلیل اینکه شکل تابعی هزینه ترانسلوگ در این مقاله انتخاب شده است، انعطاف‌پذیر بودن این تابع است؛ بدین معنی که تعداد پارامترهای موجود در آن به اندازه‌ای است که تمامی اثرات مختلف اقتصادی از قبیل کششهای جانشینی، کششهای قیمتی، کشش مقیاس، نرخ تغییر فنی، بهره‌وری کل عوامل تولید و...قابل برآورد و محاسبه می‌باشند و تحت شرایط خاص و اعمال محدودیتهایی قابل تبدیل به توابع دیگر هزینه هستند.

از زمانی‌که کریستنسن و همکاران (۱۹۷۳)[1] برای اولین بار به بررسی مبانی نظری استفاده از تابع ترانسلوگ پرداختند، دهها مقاله و پژوهش در این زمینه در کشورهای مختلف انجام پذیرفته است. کریستنسن و گرین[2] (۱۹۷۶) به تعیین مقیاس اقتصادی بنگاههای تولید کنندهٔ برق در ایالات متحدهٔ آمریکا از طریق تخمین تابع هزینهٔ ترانسلوگ با روش ISUR به صورت مقطع زمانی برای دو سال ۱۹۵۵ و ۱۹۶۰ می‌پردازند و نتایج حاصل از پژوهش آنها بدین صورت است که در سال ۱۹۵۵ تمام بنگاههای تولیدکنندهٔ برق دارای صرفه‌های ناشی از مقیاس بوده‌اند، در حالی که در سال ۱۹۷۰ قسمت عمدهٔ نیروگاههای برق آمریکا بازدهٔ ثابت نسبت به مقیاس داشته‌اند.

ارکیلا[3] (۱۹۹۰) به برآورد تابع هزینه ترانسلوگ کارخانه فولادسازی آلگوما[4] در کشور کانادا می‌پردازد. در این مطالعه، هزینه تابعی از نیروی انسانی، سنگ آهن، خدمات سرمایه‌ای و شاخص تغییرات فنی است و نگارنده نتیجه می‌گیرد که فن‌آوری تولید فولاد در کارخانه مذکور یک فن‌آوری با ضرایب ثابت نیست و همچنین براساس کششهای جانشینی برآورد شده، نیروی انسانی با سنگ آهن و کک رابطهٔ جانشینی دارند و بین سنگ آهن و کک رابطهٔ مکملی وجود دارد.

1- Christensen. Jorgenson & Lau, (1973).

2- Christensen & Greene, (1976).

3- Erkkila, (1990)

4- Algoma

روش تحقیق در این مطالعه توصیفی پیمایشی و از نوع کاربردی است که با استفاده از روش اقتصاد سنجی رگرسیونهای ظاهراً نامرتبط تکراری به برآورد تابع هزینه تولید ترانسلوگ ذوب آهن پرداخته می‌شود. در همین راستا اطلاعات مورد نیاز از طریق استفاده از منابع آماری معتبر و مراجعه به بخشهای مختلف ذوب آهن برای مقطع زمانی ۱۳۵۰-۷۷ جمع‌آوری گردیده است.

۳ـ ارائه مدل

در این قسمت هدف اصلی، ارائه مدل جهت توضیح ارتباط بین تولید و قیمت نهاده‌های تولیدی است. الگوی مورد مطالعه برآیندی از مطالعات ارکیلا (۱۹۹۰)، گریفین (۱۹۷۹) و مک گیهان (۱۹۹۳)[1] می‌باشد. شکل ضمنی تابع هزینه کارخانه ذوب آهن به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$C = C\ (Q, P_K, P_L, P_M, P_E, t) \qquad (۳-۱)$$

که در آن C هزینه تولید، Q مقدار فیزیکی تولید، P_K قیمت سرمایه، P_L قیمت نیروی انسانی، P_E قیمت انرژی، P_M قیمت مواد اولیه و t بیانگر شاخص تغییرات فنی است.

شکل ترانسلوگ تابع هزینه را می‌توان به صورت زیر توسط بسط تیلور استخراج نمود. (Heathfielde & Wibe, 1987).

$$\begin{aligned} \text{LnC} = {} & \alpha_0 + \alpha_Q \text{LnQ} + \frac{1}{2}\alpha_{aa}(\text{LnQ})^2 + \sum_{i=1}^{4}\alpha_i \text{LnP}_i + \\ & \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\gamma_{ij}\text{LnP}_i\text{LnP}_j + \sum_{i=1}^{4}\gamma_{iQ}\text{LnQ}\,\text{LnP}_i + \theta_t \text{T} + \\ & \frac{1}{2}\theta_{tt}\text{T}^2 + \sum_{i=1}^{4}\theta_{it}\text{T}\,\text{LnP}_i + \theta_{tQ}\text{T}\,\text{LnQ} + \varepsilon \end{aligned} \qquad (۳-۲)$$

لحاظ نمودن شاخص تغییرات فنی به‌عنوان یک نهاده تولیدی در بسیاری از کارهای تجربی و آماری عمومیت داشته و به کار می‌رود. در این زمینه می‌توان به مطالعات ارکیلا

1- Mcgeehan (1992)

(۱۹۹۰) و اوکانید[1] (۱۹۹۳) اشاره نمود. در رابطهٔ (۲-۲) شاخص تغییرات فنی t، با نهاده‌ها و سطح محصول و نیز به طور مستقل در نظر گرفته شده‌اند.

به همین دلیل این شاخص را می‌توان به دو صورت تعبیر نمود. اول آنکه تغییرات فنی می‌تواند موجب کاهش سطح به‌کارگیری نهاده‌ها برای مقدار ثابتی از تولید شود و دوم اینکه سطح محصول را برای مقدار ثابتی از نهاده‌ها افزایش دهد.

برای تخمین مدل به روش ISUR و به منظور افزایش کارایی پارامترهای تخمین زده شده، معادلهٔ تابع هزینه با معادلات سهم تقاضا همزمان تخمین زده می‌شود. زیرا اولاً معادلات سهم تقاضا دارای پارامترهای یکسان هستند، ثانیاً معادلات سهم از معادلهٔ هزینه به‌دست آمده‌اند و ممکن است جزء اخلال آنها با هم ارتباط داشته باشند، لذا بهتر است با هم تخمین زده شوند (Erkkila, 1990).

بدین منظور، معادلات سهم هزینه را با استفاده از لم شفارد[2] به صورت زیر استخراج می‌کنیم.

$$S_i = \frac{\partial \text{ LnC}}{\partial \text{LnP}_i} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{4} \gamma_{ij} \text{ LnP}_j + \theta_{it} \text{ T} + \gamma_{iQ} \text{ LnQ} \qquad (۳-۳)$$

تمام پارامترهای موجود در معادله (۳-۳) در معادلهٔ (۲-۳) نیز وجود دارند. بنابر این کل پارامترهای قابل برآورد برابر تعداد پارامترهای معادلهٔ (۲-۳) می‌باشد که تعداد آن ۳۴ عدد است. برآورد این تعداد پارامتر با استفاده از مشاهدات ۲۸ سال امکان‌پذیر نیست. بنابراین محدودیتهای زیر را بر رابطهٔ (۲-۳) اعمال می‌کنیم که تعداد پارامترها به ۲۱ عدد کاهش می‌یابد (Murty & Rao, 1993).

الف) فرض همگنی

$$\Sigma \alpha_{i=1} \quad , \quad \sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = \Sigma \gamma_{iQ} = \Sigma \theta_{it} = 0$$

1- Okunade (1993)

2- Shephard Lemma.

ب) فرض تقارن

$$\sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ji}$$

از طرف دیگر، چون مجموع سهمهای هزینه برابر واحد است ($\Sigma S_i = 1$) ، لذا به منظور جلوگیری از صفر شدن ماتریس واریانس کواریانس اجزاء اخلال، یکی از معادلات سهم هزینه حذف می شود و معمولاً در کارهای تجربی معادله‌ای حذف می‌شود که کمترین سهم را در هزینه‌های تولید داشته است (Mcgeehan, 1992). حال چون سهم انرژی در هزینه‌های ذوب آهن بسیار اندک است[۱]، این نهاده حذف شده است، لذا با اعمال این شرط و فروض تقارن و همگنی بر تابع هزینه و معادلات سهم هزینه، شکل قابل برآورد تابع هزینه به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$\text{LnC} = \alpha_0 + \alpha_Q \text{LnQ} + \frac{1}{2}\alpha_{QQ}(\text{LnQ})^2 + \Sigma \alpha_i \text{Ln}(P_i/P_E) +$$

$$\frac{1}{2}\Sigma\Sigma \gamma_{ij}(\text{Ln}P_i/P_E) + \Sigma \gamma_{iQ}\text{LnQ}\,\text{Ln}(P_i/P_E) + Q_t T + \quad (۳-۴)$$

$$\frac{1}{2}\theta_{tt} T^2 + \Sigma \theta_{it} T \text{Ln}(P_i/P_E) + \theta_t QT \text{LnQ} + \varepsilon_c \qquad (i,j = K,L,M)$$

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \text{Ln}(P_i/P_E) + \theta_{it} T + \gamma_{iQ}\text{LnQ} + \varepsilon_i \qquad (i = K,L,M)$$

بعد از تخمین مدل تابع هزینهٔ ترانسلوگ، کششهای جانشینی جزئی آلن[۲] مطابق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$\sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j} \quad , \; i \neq j \qquad (۳-۵)$$

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2} \quad , \; i = j \qquad (۳-۶)$$

و نهایتاً کششهای قیمتی تقاضا مطابق روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} S_j \quad i \neq j \qquad (۳-۷)$$

$$\varepsilon_{ii} = \sigma_{ii} S_i \quad i = j \qquad (۳-۸)$$

که در آن ε_{ij} کشش قیمتی مقاطع نهادهٔ i در مقابل تغییرات قیمتی نهادهٔ j می‌باشد. به‌عبارت دیگر، یک درصد تغییر قیمت عامل j به اندازهٔ ε_{ij} درصد تقاضا برای نهادهٔ i ام را

۱- به جداول ضمیمه مراجعه شود.

2- Allen Partial Elasticities

تغییر می‌دهد. ε_{ii} کشش خود قیمتی تقاضا برای نهادهٔ i می‌باشد. کششهای جانشینی σ_{ij} متقاطع هستند؛ به این معنی که کشش جانشینی بین سرمایه و نیروی انسانی با کشش جانشینی میان نیروی انسانی و سرمایه برابر است، ولی کششهای قیمتی تقاضا از این خاصیت برخوردار نیستند.

۱ـ۳ـ متغیرهای توصیفی مدل

الف ـ C : کل هزینه‌های تولید

کل هزینه‌های تولید سالانه کارخانه ذوب آهن از مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری، حقوق و دستمزد و نیروی انسانی در واحد بهره‌برداری، سوخت و انرژی و مواد اولیه حاصل می‌شود. کلیه اقلام فوق با مراجعه به بخشهای مختلف ذوب آهن جمع‌آوری شده است.

هزینهٔ قطعات مصرفی + هزینه مواد اولیه + هزینهٔ حقوق و دستمزد + هزینهٔ تعمیرات = کل هزینه‌های تولید

هزینهٔ بهره بانکی + هزینهٔ سوخت و انرژی + هزینهٔ استهلاک + هزینهٔ سرمایه‌گذاری در ماشین‌آلات +

ب ـ Q: تولید

کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان محصولات متنوعی از قبیل انواع میلگرد، نبشی، تیرآهن، ناودانی، تسمه و... تولیدمی‌کند. برای تخمین تابع هزینه همانندسایرتحقیقاتی که دراین زمینه شده‌است (Erkkila, 1990) ، ازمقدار فیزیکی تولید و نه ارزش آن استفاده می‌شود.

ج ـ P_L : قیمت نیروی انسانی

منظور از قیمت نیروی انسانی، کل مزد و حقوق و مزایای پرداختی سالانه است که به‌طور متوسط به هر یک از افراد شاغل در واحد بهره‌برداری پرداخت می‌شود. بدین منظور هزینه‌های مزد و حقوق پرداختی کارکنان راکه توسط شاخص مزد و حقوق زیر گروه فلزات آهنی اساسی تعدیل شده‌اند بر کل تعداد شاغلین تقسیم می‌کنیم:

$$P_L = \frac{\text{هزینهٔ دستمزد و حقوق}}{\text{کل شاغلین}}$$

د ـ P_M : قیمت مواد اولیه

برای محاسبهٔ شاخص قیمتی مواد اولیه می‌توان کل هزینه‌های مواد اولیه راکه

توسط شاخص قیمتی مواد خام صنعتی ـ منتشر شده توسط بانک مرکزی ـ به قیمتهای ثابت سال ۶۱ تعدیل شده است، بر مقدار فیزیکی مواد اولیه تقسیم نمود.

$$P_M = \frac{\text{کل هزینه‌های مواد اولیه}}{\text{مقدار فیزیکی مواد اولیه}}$$

هـ ـ P_E : قیمت سوخت و انرژی

سوخت و انرژی کارخانهٔ ذوب آهن از سه منبع برق، گاز و زغال سنگ تأمین می‌شود. برای محاسبهٔ این شاخص به دلیل غیرهمگن بودن حاملهای انرژی (به‌گونه‌ای که میزان برق مصرفی بر حسب KW/h ، میزان گاز مصرفی بر حسب M^3 و میزان زغال سنگ مصرفی برحسب تن می‌باشد)، نمی‌توان کل هزینه‌های سوخت و انرژی را بر میزان مصرف آنها تقسیم نمود. بدین ترتیب، ابتدا کل میزان برق، گاز و زغال سنگ مصرفی را با استفاده از یک ضریب تبدیل حرارتی به مگاژول (M_j) محاسبه کرده و سپس با تقسیم هزینه‌های سالانه بر مقدار به‌دست‌آمده، به شاخص قیمت سوخت و انرژی محاسبه می‌گردد.

ی ـ P_k : قیمت سرمایه

محاسبهٔ قیمت سرمایه به عنوان یکی از متغیرهای برونزای تابع هزینه به علت محاسبه شدن این شاخص توسط ادارهٔ شاخصهای بانک مرکزی ایران براساس تعریف مک‌گیهان (۱۹۹۲) و والفریدسون [1] (۱۹۹۴) صورت گرفته است.

$$P_k = K\,(r + \delta) \qquad (۳-۹)$$

r : نرخ بهرهٔ بلندمدت بانکی

δ : نرخ استهلاک سالانهٔ داراییهای ثابت

K : موجودی دارایی ثابت

آمار نرخ بهرهٔ بلندمدت بانکی همه ساله توسط بانک مرکزی منتشر می‌شود و برای محاسبهٔ نرخ استهلاک سالانه دارایی ثابت، متوسط نرخ استهلاک در نظر گرفته شده است. بدین منظور، در ابتدا سهم داراییهای ثابت (ساختمانها، دستگاهها و ماشین‌آلات، زمین و جاده، وسایل نقلیه موتوری، اثاثیه و لوازم اداری و آزمایشگاهی، کشاورزی و جنگل کاری و دستگاهها و ماشین‌آلات در حال نصب) از کل داراییها محاسبه شده و

1- Walfridson (1994)

آنگاه با توجه به نرخهای استهلاک داراییهای مستقل، یک نرخ متوسط استهلاک برای هر سال به‌دست آمد.

چون موجودی سرمایه ثابت به قیمتهای ثابت سال ۶۱ تعدیل شده است، از وارد نمودن شاخص تورم در فرمول اجتناب شده است.

۴- تجزیه و تحلیل مدل

پس از استخراج آمار و اطلاعات لازم و تعدیل آنها، به برآورد سیستم (۴-۲) می‌پردازیم. ضرایب مدل مذکور در قالب یک سیستم معادلات ظاهراً نامرتبط تخمین زده می‌شود. روش تخمین در این حالت به دلیل افزایش کارایی مدل و همچنین قابل اعتمادتر بودن نتایج ضرایب، همان‌طور که پیشتر عنوان شد، روش ISUR است. بعد از تخمین، تعدادی از پارامترها از نظر آماری بی‌معنی و از دیدگاه تئوریهای اقتصادی فاقد علامت صحیح می‌باشند. بنابر این پارامترهای مذکور را از مدل حذف می‌کنیم، لذا مدل نهایی با استفاده از روش حذف سپرده انتخاب می‌شود . در این روش ابتدا ضرایبی که دارای کمترین مقدار t می‌باشند حذف شده و سپس مدل برآورد می‌گردد. با توجه به اینکه مدل نهایی با حذف ضرایب γ_{mm}، γ_{km}، α^{Q}، γ_{QM} و γ_{Qt} انتخاب شده است، در این حالت دترمینان ماتریس واریانس کواریانس جملات باقیمانده برابر ($|\Omega_R| = 7.011 \times 10^{-8}$) است و در حالت غیرتغییر ($|\Omega_U| = 409 \times 10^{-5}$) می‌باشد. بنابر این آمارهٔ حداکثر راستنمایی مطابق رابطهٔ زیر برابر است با:

$$LR = n/2 \; Ln \frac{|\Omega_R|}{|\Omega_U|} = 2.84$$

که از مقدار ($\chi^2_{5,\%5} = 11.07$) کوچکتر است. بنابر این فرض H_0 یعنی حذف متغیرهای مزبور را نمی‌توان رد کرد. نتایج برآورد تابع هزینهٔ ترانسلوگ در جدول (۱) بیان شده است. از نظر اقتصادی بعضی از ضرایب تابع هزینه باید دارای علامت صحیح باشند، از جمله مثبت بودن α_{QQ}، α_k، α_L، α_M که به معنی صعودی بودن هزینه نسبت به افزایش تولید و یا سطح قیمت نهاده‌ها می‌باشد. با توجه به جدول (۱)، همهٔ ضرایب علامت مورد انتظار را دارا هستند. این ضرایب در سطح اطمینان ۹۵ درصد و بیشتر معنی‌دار می‌باشند و چون همهٔ ضرایب (α_L، α_M و α_K) کوچکتر از واحدند، بنابر این هزینه نسبت به این متغیرها بی کشش است. مثبت بودن ضریب α_{QQ} بیانگر این موضوع است که اگر تولید یک درصد افزایش یابد، با ثابت ماندن سایر شرایط، هزینه‌های

تولید به میزان ۰/۱۲ درصد رشد نشان خواهد داد. از طرف دیگر، با مقایسهٔ ضرایب قیمت مواد اولیه و سرمایه به این نتیجه می‌رسیم که حساسیت تابع هزینه نسبت به مواد اولیه بیشتر از سرمایه است؛ به‌گونه‌ای که طی دورهٔ مورد بررسی به‌طور متوسط سهم مواد اولیه دارای روند صعودی از کل هزینه‌های تولید بوده و در مقابل، این روند برای مخارج سرمایه‌گذاری معمولاً نزولی بوده است.

نکته حائز اهمیت اینکه ضریب قیمت نهادهٔ انرژی منفی است؛ به‌گونه‌ای که تأثیر منفی بر هزینهٔ تولید دارد و به نظر می‌رسد چون قیمت انرژی در کشورمان نسبت به قیمت سایر عوامل تولید بسیار پایین است و به عبارت دیگر قیمت نسبی آن در طی دورهٔ مورد مطالعه تقریباً نزولی است، لذا کاهش قیمت نسبی آن باعث کاهش هزینه‌ها شده است و علامت این ضریب منفی می‌باشد.

جدول (۱)ـ مقادیر ضرایب برآورد شده تابع هزینه ترانسلوگ کارخانه ذوب آهن اصفهان

ضریب	تعداد برآورد شده	انحراف معیار	آمارهٔ t	ضریب	مقداربرآورد شده	انحراف معیار	آمارهٔ t
α_0	۸/۷۳۴۱	۰/۶۷۷	۱۲/۸۹	θ_{tk}	-۰/۰۲۴۳۴	۰/۰۲۸	-۸/۶۷
α_k	۰/۲۴۷۱	۰/۰۵۳	۱/۵۸	θ_{tL}	۰/۰۳۵	۰/۰۰۳۲	۱۰/۸۷
α_L	۰/۸۷۰۶	۰/۱۳۵۳	۶/۴۳	θ_{tM}	۰/۰۲۴۷	۰/۰۰۵۲	۴/۷۱
α_M	۰/۴۰۳۴	۰/۰۷۸	۵/۱۷	θ_{tQ}	-۱/۷۸۴۲	۰/۱۹۱۳	-۹/۳۲
α_{QQ}	۰/۱۲۹	۰/۰۱۸۱	۷/۱	α_{E}*	-۰/۵۲۱۲	۰/۲۴۸۱	-۲/۱
γ_{kk}	-۰/۹۶۴	۰/۱۳۸	-۶/۹۹	γ_{EE}*	-۱/۲۴۴	۰/۱۵۱۳	-۸/۲۲
γ_{LL}	-۰/۲۷۰۹	۰/۰۳۴۵	-۷/۸۳	γ_{kE}*	۱/۰۵۷۳	۰/۲۰۲	۵/۲
γ_{ML}	۰/۰۸۹	۰/۰۱۷	۵/۲	γ_{lE}*	۰/۲۷۴۹	۰/۱۱۰۴	۲/۴۹
γ_{kL}	-۰/۰۹۳۵	۰/۰۱۶۶	-۵/۶۱	γ_{mE}*	-۰/۰۸۹	۰/۰۱۷۱	-۵/۲
γ_{Qk}	۰/۳۰۶۶	۰/۰۳۴۶	۸/۸۵	γ_{EQ}*	-۰/۳۰۶۶	۰/۰۳۴۶	-۸/۸۵
θ_t	۰/۸۲۲۷	۰/۱۱۶۶	۷/۰۵	θ_{tE}*	۰/۱۸۳۷	۰/۰۱۵	۱۱/۵
θ_{tt}	-۰/۰۵۲	۰/۰۰۶۲	-۸/۴۹				

R^2 = ۰/۹۹ D.W = ۱/۴۹

* : ضرایبی که با علامت ستاره مشخص شده‌اند، به‌طور غیرمستقیم محاسبه گردیده‌اند.

برای فرض همگنی که در صفحهٔ ۹۹ آمده است:

$$\Sigma \alpha_i = 1 \Rightarrow \alpha_K + \alpha_L + \alpha_M + \alpha_E = 1 \Rightarrow \alpha_E = 1 - \alpha_K + \alpha_L + \alpha_M$$

$$\Sigma \gamma_{ij} = 0 \Rightarrow \gamma_{KM} + \gamma_{LL} + \gamma_{MM} + \gamma_{EE} = 0$$

۱ـ۴ـ آزمون فروض مربوط به جملات باقیمانده

الف: آزمون نرمال بودن جملات باقیمانده (جارک - برا)[1]

آزمون فوق برای معادلهٔ هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم تقاضا انجام گرفته که نتایج حاصل از آن در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲)ـ نتایج حاصل از آزمون نرمال بودن جملات باقیمانده توابع هزینهٔ ترانسلوگ و معادلات سهم تقاضا

نوع تابع	مقدار آمارهٔ JB	Pvalue	Skewness	Kurtosis
تابع هزینهٔ ترانسلوگ	۱/۳۸۱۳	۰/۰۵۰۱۲۴۸	-۰/۵۱۹۵۵۷	۲/۶۷۷۱۶۷
معادلهٔ سهم تقاضای مواد اولیه	۰/۳۴۵۳۳۱	۰/۸۴۱۴۱۹	-۰/۱۹۴۵۲۱	۳/۳۸۰۳۲۱
معادلهٔ سهم تقاضای سرمایه	۰/۰۲۶۹۰۱	۰/۹۸۸۶۶	-۰/۰۵۶۰۴	۳/۱۰۲۴
معادلهٔ سهم تقاضای نیروی انسانی	۱/۵۱	۰/۴۶۹۷	۰/۱۱۶۴۲۴	۱/۸۸۵۹۲۵

با توجه به نتایج جدول (۲)، فرض نرمال بودن جملات خطا را در مورد معادلات مذکور در سطح معنی‌داری ۵٪ نمی‌توان رد کرد.

ب: آزمون همسان بودن واریانس جملات خطا (الگوی ARCH)

ناهمسانی واریانس اثرات زیانباری در تخمین‌زننده‌ها دارد. اگر چه در حالت وجود ناهمسانی، تخمین‌زننده‌ها هنوز بدون تورش هستند، ولی دارای حداقل واریانس نیستند، بنابر این بهترین نیستند و از نظر کارایی کامل نخواهند بود (گجراتی، ۱۳۷۸).

1- Jarque - Bera Normality Test

آزمون ناهمسانی برای معادلات فوق انجام گرفته است و نتایج حاصل از آن در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳) ـ نتایج حاصل از آزمون همسانی واریانس از نوع ARCH توابع هزینهٔ ترانسلوگ و معادلات سهم تقاضا

نوع تابع	مقدار آمارهٔ F	Pvalue	تعداد وقفه‌ها
تابع هزینهٔ ترانسلوگ	۰/۴۶۴۵۶	۰/۶۳۴۲	دو وقفه
	۱/۷۶۵۸۸	۰/۱۷۷۴	چهار وقفه
معادلهٔ سهم تقاضای	۰/۳۴۹۷	۰/۷۰۸۶	دو وقفه
مواد اولیه	۰/۲۸۸۸۹	۰/۸۸۱۵	چهار وقفه
معادلهٔ سهم تقاضای	۰/۰۴۸۲۸	۰/۹۵۳۰	دو وقفه
سرمایه	۰/۹۶۳۲	۰/۴۵۰۳	چهار وقفه
معادلهٔ سهم تقاضای	۰/۳۱۰۲۶	۰/۷۳۶۳	دو وقفه
نیروی انسانی	۰/۲۰۰۶	۰/۹۳۴۹	چهار وقفه

با توجه به نتایج جدول (۳)، فرض ناهمسان بودن جملات خطا در مورد معادلات مذکور را در سطح معنی‌داری ۵٪ می‌توان رد کرد.

۴ـ۲ـ کششهای جانشینی آلن و قیمتی تقاضا

کششهای جانشینی و قیمتی عوامل در سطح میانگین داده‌ها که براساس فرمولهای صفحه ۱۰۰ محاسبه شده، درجدول (۲)نشان داده شده‌اند.همان‌طورکه‌مشاهده‌می‌شود، کششهای جانشینی میان نیروی انسانی و سرمایه، مواد اولیه و انرژی در سطح میانگین داده‌ها دارای علامت منفی هستند که بیانگر وجود رابطهٔ مکملی بین این عوامل است و رابطهٔ مکملی بین انرژی و مواد اولیه در طول دوره ضعیف شده است. دلیل آن‌را می‌توان در استفادهٔ بیشتر از مواد اولیه در کارخانهٔ ذوب آهن در طول دورهٔ مورد بررسی دانست و کشش جانشینی بین سرمایه و مواد اولیه به‌دلیل صفر بودن γ_{KM} برای کل دورهٔ مورد بررسی یک در نظر گرفته شده است و بین بقیهٔ عوامل تولید (سرمایه و انرژی، نیروی انسانی و مواد اولیه، نیروی انسانی و انرژی) یک رابطه جانشینی وجود دارد که این رابطه

در مورد سرمایه و انرژی در طول دوره تقریباً ثابت مانده است، اما کشش جانشینی بین نیروی انسانی و مواد اولیه روندی کاهنده را تجربه کرده است.

جدول (۴)ـ کششهای جانشینی آلن در سطح میانگین داده‌ها

	سرمایه	نیروی انسانی	انرژی	مواد اولیه
سرمایه	-۴/۸۲۴۳	-۰/۸۲۶۲	۱/۰۳۶۲۴	۱
نیروی انسانی		-۲/۸۳۷۹	۲/۷۳۷۷	۲/۵۳۹۳
انرژی			-۰/۸۲۶۲	-۲/۶۰۸۲
مواد اولیه				-۱/۹۹۵۲

با مشاهدهٔ نتایج جدول (۴) مشخص می‌شود که کلیهٔ کششها دارای علامت صحیح هستند و با انتظارات تئوری مطابقت دارند. کششهای جانشینی فوق براساس برقراری شرط تعادل به صورت زیر قابل تفسیر می‌باشند. اگر درصد نسبت قیمت عامل j به قیمت عامل i تغییر کند، یک تغییر σ_{ij} درصدی در نسبت به کارگیری عامل i به جای عامل j لازم است تا سطح تولید ثابت باقی بماند. مثلاً در سطح میانگین داده‌ها نسبت K/L برابر ۵۰۲۳۷۸۳/۴ و نسبت P_l/P_k نیز برابر ۰/۰۰۰۰۶۷ می‌باشد. حال اگر دستمزد شاغلین واحد بهره‌برداری ۱ درصد افزایش پیدا کند و با توجه به مکمل بودن این دو نهاده لازم است که نسبت K/L به K/L × ۰/۸۲۶۲ کاهش پیدا کند تا سطح تولید ثابت باقی بماند. البته با توجه به روابط جانشینی میان نیروی انسانی و انرژی و همچنین نیروی انسانی و مواد اولیه می‌توان برخلاف بالا نتیجه گرفت؛ به طوری که ۱ درصد افزایش در قیمت نیروی انسانی لازم است که نسبت M/L به ۲/۶۰۸۲M/L افزایش پیدا کند تا سطح تولید ثابت بماند و برای عوامل دیگر این رابطه صدق می‌کند.

در جدول (۵)، کششهای خود قیمتی و متقاطع برای نهاده‌های تولیدی کارخانه ذوب آهن نشان داده شده است. این کششها درصد تغییر تقاضای واحد تولید کارخانه در قبال یک درصد تغییر قیمت هر یک از عوامل مذکور را نشان می‌دهد. در مورد محاسبهٔ این کششها ذکر این نکته ضروری است که این کششها نامتقارن هستند؛ به این معنی که کشش متقاطع کار و سرمایه با کشش متقاطع سرمایه و کار متفاوت است.

جدول (۵)ـ کششهای قیمتی و متقاطع نهاده‌ها در سطح میانگین داده‌ها

	سرمایه	نیروی انسانی	انرژی	مواد اولیه
سرمایه	-۱/۱۵۲۵۲۸	-۰/۱۵۳۰۶۷	۰/۰۲۰۱۲۰	۰/۳۶۲۵۸۴
نیروی انسانی	-۰/۳۶۴۰۶۷	-۰/۴۵۰۹۷	۰/۰۳۱۷۸۳	۰/۷۳۴۶۳۵
انرژی	۰/۳۶۷۳۲۲	۰/۴۶۷۰۹۸۸	-۰/۰۱۵۵۰۰	-۰/۶۳۵۳۲۵
مواد اولیه	۰/۳۵۶۰۱	۰/۵۲۱۸۹۹	-۰/۰۲۵۰۶۲	-۰/۶۲۷۴۴۱

کششهای خودقیمتی تمام عوامل از نظر اقتصادی دارای علامت صحیح می‌باشند. قدر مطلق کششهای خودقیمتی نیروی انسانی، انرژی و مواد اولیه کمتر از یک می‌باشد که به معنی کشش‌ناپذیر بودن تقاضا برای این نهاده‌هاست. مقایسه کششهای قیمتی ما را به این نتیجه می‌رساند که حساسیت تقاضا برای انرژی بسیار اندک است که می‌توان آن را به واسطهٔ وفور منابع انرژی و همچنین ارزان بودن این نهاده دانست و کارخانه ذوب آهن در بالا و پایین رفتن قیمت آن عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد و با توجه به اثر افزایشی اندک انرژی در هزینه‌های تولید از یک طرف و امکان جانشینی میان سرمایه و نیروی انسانی با انرژی از طرف دیگر، برای تقلیل هزینه‌های تولید لازم است که تا حد امکان از منابع انرژی‌بر به جای منابع کاربر استفاده شود.

از طرف دیگر، کشش قیمتی مواد اولیه نسبتاً کم است و چون مواد اولیه یکی از نیازهای اصلی تولید فولاد با روش احیای غیرمستقیم است و با توجه به محدودیت فن‌آوری در این روش، مدیریت کارخانه عملاً نمی‌تواند در قبال افزایش قیمت مواد اولیه عکس‌العمل چندانی نشان دهد، ولی می‌توان با جایگزین ساختن تجهیزات سرمایه‌بری که از مواد اولیه کمتر و یا به شکل بهتری استفاده می‌کنند، اثر افزایشی مواد اولیه بر هزینه‌های تولید را کاهش داد.

نتیجهٔ جالبی که از برآورد کششها به‌دست می‌آید این است که ارتباط اساسی بین عوامل نیروی انسانی و سرمایه متغیر بوده است و عواملی که در تولید جانشین هستند در طول دوره بدون تغییر باقی مانده‌اند، ولی شدت جانشینی و مکملی با توجه به سیاستهای اعمال شده در طول دوره کاهش یافته یا شدت گرفته است، به‌گونه‌ای که در ابتدای دورهٔ بهره‌برداری به‌دلیل نرسیدن به ظرفیت اسمی تولید بین نیروی انسانی و

سرمایه رابطهٔ جانشینی برقرار است و بعد از آن شاهد وجود یک رابطه مکملی هستیم. روابط بین عوامل تولید در جدول (۶) بیان شده است.

جدول (۶)- روابط اقتصادی بین عوامل تولید در تابع هزینهٔ ترانسلوگ کارخانه ذوب آهن اصفهان

	سرمایه	نیروی انسانی	انرژی	مواد اولیه
سرمایه	-	مکمل	جانشین	جانشین
نیروی انسانی	مکمل	-	جانشین	جانشین
انرژی	جانشین	جانشین	-	مکمل
مواد اولیه	جانشین	جانشین	مکمل	-

۳-۴- صرفه‌های ناشی از مقیاس[1]

انتخاب مناسب بنگاههای جدید یا توسعه بنگاههای موجود در یک صنعت می‌تواند با توجه به امتیازات مقیاس صورت گیرد. از آنجایی که هزینه بنگاهها در مقیاسهای مختلف تولید متفاوت است، انتخاب مناسب مقیاس و ظرفیت در اقتصادی بودن تولید مهم می‌باشد. برای مثال اگر تولید در حالت بازده فزاینده به مقیاس صورت گیرد، توسعه تولید، هزینه‌ها را بیشتر از توسعه محصول کاهش می‌دهد. امتیازات مقیاس معمولاً برحسب درصد افزایش در تمام نهاده‌ها تعریف می‌شود، ولی تعریف امتیازات مقیاس برحسب سطح بهینه هزینه در نتیجهٔ تغییر محصول در عمل کاربرد بیشتری دارد و به این لحاظ ضریب بازدهی نسبت به مقیاس به‌صورت عدد یک منهای ضریب کشش هزینه برحسب سطح تولید حساب می‌شود. این ضریب برای تابع هزینهٔ ترانسلوگ به‌صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$\text{Scale} = 1 - (\delta \text{LnC}/\delta \text{LnQ}) \qquad (۴-۱)$$

می‌دانیم که اگر ضریب مقیاس مثبت باشد، صرفه‌های ناشی از گسترش مقیاس تولیدی وجود دارد و اگر منفی باشد، عدم صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود خواهد داشت. منظور از صرفه‌های ناشی از مقیاس قسمتی از منحنی هزینه متوسط بلندمدت

1 - Economies of Scale

بنگاه است که دارای شیب نزولی است و با افزایش سطح تولید، هزینه متوسط کاهش می‌یابد. با توجه به کشش مقیاس ضریب مقیاس به شکل گسترده در تابع هزینهٔ ترانسلوگ به صورت زیر است:

$$Scale = 1 - (\alpha_{QQ}Ln(Q) + \Sigma\gamma_{iQ}Ln(P_i)) \qquad (۴-۲)$$

LnQ: لگاریتم طبیعی تولید

LnP_i: لگاریتم طبیعی قیمت نهاده‌های تولیدی

ضریب صرفه‌های ناشی از مقیاس برای تمام سالهای فعالیت کارخانه محاسبه شده و مثبت می‌باشد که حاکی از بصرفه بودن گسترش ظرفیت تولیدات است؛ یعنی افزایش یک درصدی در تولید، هزینه‌ها راکمتر از یک درصد افزایش می‌دهد و نتایج آن در جدول (۷) برای چند سال مختلف و همچنین در سطح میانگین داده‌ها انعکاس یافته است.

جدول (۷)ـ ضریب صرفه‌های مقیاس در کارخانه ذوب آهن اصفهان

سال	۱۳۵۰	۱۳۵۵	۱۳۶۰	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۷۷	میانگین داده‌ها
ضریب مقیاس	۱/۲۵۵۹	۰/۵۰۱۹	۰/۷۶۲۴	۰/۹۷۸۱	۱/۵۹۵	۱/۷۹۵۸	۱/۰۲

همان‌گونه که در جدول مورد نظر ملاحظه می‌شود، ضریب صرفه‌های مقیاس برای متوسط داده‌ها در سالهای فوق‌الذکر مثبت است و می‌توان گفت با شرایط و ویژگیهای کارخانه ذوب آهن، صرفه‌های ناشی از مقیاس هم از نوع داخلی[1] و هم خارجی[2] اتفاق افتاده است.

صرفه‌جویی‌های داخلی معمولاً در نتیجه افزایش بهره‌وری تولید است که محصول را با هزینه کمتر افزایش می‌دهد. معمولاً این صرفه‌جویی‌ها در بنگاههایی به‌وجود می‌آید که اولاً هزینه ثابت واحد تولیدی بسیار زیاد است، مانند مجتمعهای تولید فولاد، ثانیاً توانایی بنگاههای تولیدی بزرگ در ارتقاء بازدهی نیروی انسانی از طریق ایجاد کلاسهای تخصصی انجام می‌پذیرد، ثالثاً تنهابنگاههای تولیدی بزرگ قادر به تحمل هزینه‌های

1 - Internal Economies

2 - External Economies

سنگین تحقیق و توسعه هستند و نهایتاً در روند تولید، عوامل غیرنقدی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، برای مثال تخفیف در خرید عمدهٔ مواد اولیه و عوامل تولید.

صرفه‌جویی‌های خارجی از طریق گسترش یک صنعت و ایجاد صنایع جنبی و وابسته که می‌توانند از کالاهای تولیدی صنعت مورد نظر استفاده کنند، ایجاد می‌شود. به‌عبارت دیگر، در رشد یک صنعت، خدمات و کالاهایی تولید می‌شوند که دیگر خدمات و کالاها و یا به‌طور کلی دیگر بنگاهها از آن استفاده می‌کنند، مانند گسترش جمعیت نیروی انسانی متخصص و ایجاد یک صنعت تولید ماشین‌آلات و ابزارها که مورد استفادهٔ دیگر صنایع قرار می‌گیرد.

۴-۴- معادلات تقاضای نهاده‌ها

یکی دیگر از کاربردهای مهم تابع هزینه، به‌دست آوردن معادلات تقاضای نهاده‌هاست که در توابع تولید به‌دلیل عدم وجود قیمت نهاده‌ها، استخراج این معادلات کار مشکلی است، در حالی‌که در تابع هزینه با استفاده از لم شفارد این معادلات به سادگی به‌دست می‌آیند. برآورد معادلات سهم هزینه مواد اولیه در ذیل آمده است.

۱-۴-۴- معادلهٔ تقاضای سهم مواد اولیه

$$S_M = -۲/۸۲ + ۰/۷۴ LnP_m + ۰/۳۱۸۰ LnP_L + ۰/۲۳۰۷ LnP_k + ۰/۰۸۶ LnQ + ۰/۰۸۶ T$$

[-۷/۷۸] [۷/۳۶] [۵/۰۵] [۱/۹۳] [۲/۹۳] [۴/۳۸]

$R^2 = ۰/۹۵۸$ $D.W = ۱/۶۹۹$ (۴-۳)

* اعداد داخل پرانتز آمارهٔ t می‌باشند.

در رابطهٔ (۴-۳) ضرایب تخمین زده شده از لحاظ آماری مورد تأیید می‌باشد و علامت آن مورد انتظار و مطابق با تئوری اقتصادی است. در تفسیر نتایج می‌توان گفت برای مثال ۱ درصد تغییر در تولید با فرض ثابت ماندن سایر شرایط ۰/۰۸ درصد تقاضا برای مواد اولیه را افزایش می‌دهد و نهادهای زمان، قیمت نیروی انسانی و سرمایه در تقاضا برای مواد اولیه تأثیر مثبت داشته‌اند. با توجه به اینکه فن‌آوری مورد استفاده در

ذوب آهن احیای غیرمستقیم است و نیاز مبرم به مواد اولیه دارد و از طرفی کشش قیمتی مواد اولیه کم است، بنابراین نسبت به تغییرات قیمت عکس‌العمل چندانی ندارد، لذا علامت قیمت مواد اولیه مثبت شده است.

۲ـ۴ـ۴ـ معادلات تقاضای سهم سرمایه و نیروی انسانی

$$S_L = ۴/۱۹ + ۰/۹۹ LnP_L + ۰/۱۵ LnP_M + ۰/۴ LnP_k + ۰/۰۲۴ Ln_Q + ۰/۰۶۳ T$$

[-۱۲/۴۲] [۱۶/۱۵] [۱/۶] [۳/۴۳] [-۰/۹۱] [۳/۴۴]

$R^۲ = ۰/۹۸$ $D.W = ۲/۱۹$ (۴-۴)

$$S_k = ۳/۱۲۵ + ۰/+۰/۴۱۸۳ LnP_M - ۰/۱۲ Ln_Q - ۰/۰۹۳ T - ۰/۸۵ D_۱ \quad (۴-۵)$$

[۵/۱۶] [۲/۰۰۸] [-۱/۶۷] [-۲/۵۴] [-۵/۲۹]

$R^۲ = ۰/۹۲$ $D.W = ۱/۲۲$

*اعداد داخل پرانتز آمارهٔ t می‌باشند.

نکته حائز اهمیت در معادلات (۴-۴) و (۴-۵) اینکه میزان تولید در سهم تقاضای نهاده‌های نیروی انسانی و سرمایه تأثیر منفی داشته است. از طرف دیگر، آزمون نسبت راستنمایی فرضیه صفر بودن متغیر تولید را رد نمود. بنابراین متغیری تأثیرگذار در معادلات تقاضا می‌باشد و در نتیجه در توجیه علامت خلاف انتظار آن می‌توان با استفاده از مطالب گذشته و به کمک قضیه اولر موضوع را تبیین نمود:

$$Q = K.MP_K + L.MP_L \quad (۴-۶)$$

با توجه به بررسیهای انجام شده، در طول دورهٔ مورد بررسی تعداد نیروی انسانی شاغل در ذوب آهن از ۳۵۰۰۰ نفر به ۱۲۰۰۰ نفر کاهش یافته است که این امر همان‌طور که استنباط می‌شود، باعث افزایش بهره‌وری در نهادهٔ نیروی انسانی شده است؛ یعنی می‌توان با همان میزان نهاده به یک سطح بالاتری از تولید رسید و یا اینکه با کاهش سهم نهادهٔ مورد نظر در سطح تولید ثابت باقی ماند و از طرف دیگر همانطور که گفته شد،

فن‌آوری ذوب آهن سرمایه اندوز است؛ یعنی در طول زمان با افزایش تولید، میزان هزینه‌های سرمایه‌گذاری کاهش یافته و سهم آن از کل هزینه‌های تولید از رقم ۹۸ درصد به ۱۳ درصد در سال ۱۳۷۷ رسیده است. بنابراین براساس مطالب گفته شده می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش میزان تولید، تقاضا برای این نهاده‌ها را کاهش داده که البته این کاهش در مورد تقاضای سرمایه اثر بیشتری داشته است.

متغیر زمان در معادلهٔ سرمایه اثر منفی بر تقاضای نهادهٔ مذکور داشته است که با توجه به مطالب گفته شده، تغییرات فنی در جهت سرمایه‌اندوز شدن کارخانه بوده که باعث تأثیر منفی بر تقاضای این نهاده یعنی سرمایه شده است. از طرف دیگر، متغیر مجازی D_1 برای سالهای ۶۸-۱۳۶۱ در نظر گرفته شده که دلیل انتخاب آن جنگ و تحریمهای اقتصادی بوده که باعث کاهش شدید در سرمایه‌گذاری در کل کشور و به‌طور اخص در ذوب آهن گردیده، به‌طوری‌که میزان سرمایه‌گذاری از ۴۵ درصد به ۸ درصد رسیده است.

۵ـ نتایج و جمع‌بندی

براساس تابع هزینهٔ تخمین زده شده که صحت آن هم از نظر آماری و هم از لحاظ اقتصادی و آزمون ضرایب به تأیید رسیده، نتایج ذیل به دست آمده است:

۱ - با توجه به نتایج به‌دست آمده از برآورد تابع هزینه ترانسلوگ، افزایش میزان تولید و قیمت نهاده‌ها (سرمایه، نیروی انسانی و مواد اولیه) منجر به افزایش کل هزینه‌های تولید شده که این امر بیانگر غیرنزولی بودن تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل تولید و سطح تولید است. اما نکته حائز اهمیت اینکه قیمت انرژی تأثیر منفی بر هزینه‌های تولید داشته است. با توجه به اینکه قیمت حاملهای انرژی نسبت به سایر نهاده‌های تولید بسیار پایین است و به‌عبارت دیگر قیمت نسبی آن در طی دورهٔ مورد مطالعه تقریباً نزولی می‌باشد، افزایش قیمت نسبی آن باعث کاهش هزینه‌ها شده است.

۲ - براساس کشش مقیاس در سطح میانگین داده‌ها، یک درصد افزایش تولید به طور متوسط با ثابت ماندن سایر شرایط، ۰/۲ درصد هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد.

۳ - با توجه به محاسبه کششهای جانشینی آلن باستثنای نیروی انسانی و سرمایه و همچنین مواد اولیه و انرژی که دارای رابطه مکملی می‌باشند، بین سایر نهاده‌های

تولیدی امکان جانشینی وجود دارد، به‌طوری که شدت جانشینی بین انرژی و نیروی انسانی بیشتر از نیروی انسانی و انرژی و همچنین رابطه مکملی بین مواد اولیه و انرژی نیز یک رابطهٔ قوی است که با توجه به فن‌آوری تولید کارخانه ذوب آهن اصفهان که کورهٔ بلند (احیای غیر مستقیم) است و مواد اولیه بیشترین سهم را در تولید فولاد دارد، نتایج به‌دست آمده دور از انتظار نیست.

۴ - از محاسبه معادلات سهم تقاضا این نتیجه حاصل شد که تقاضا برای مواد اولیه نسبت به میزان تولید و قیمت نهادهٔ ماده اولیه رابطهٔ مستقیم دارد و از آنجایی که کشش قیمتی مواد اولیه پایین است و به‌عبارت دیگر نسبت به تغییرات قیمت از خود حساسیت نشان نمی‌دهد و ساختار فن‌آوری تولید در ذوب آهن اصفهان به‌گونه‌ای است که برای تولید بیشتر نیاز به افزایش مواد اولیه دارد، قیمت این نهاده تأثیر چندانی برای تقاضای نهادهٔ مواد اولیه ندارد. از طرف دیگر، تقاضا برای نهاده‌های سرمایه و نیروی انسانی با سطح تولید رابطه عکس دارد که با توجه به افزایش بهره‌وری نیروی انسانی و کاهش سهم سرمایه و به‌عبارت دیگر سرمایه اندوز شدن کارخانه، این نتیجه دور از انتظار نیست.

پیشنهادها

براساس نتایجی که در بالا به آنها اشاره شد، برای بهبود وضعیت تولیدی کارخانه ذوب آهن اصفهان پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد:

۱ - افزایش سطح تولید به سطح ظرفیت اسمی کارخانه و بالاتر به منظور بهره‌گیری از صرفه‌های ناشی از مقیاس از طرق زیر:

الف) استفاده از ظرفیتهای نهفته در بخشهای فولادسازی و کورهٔ بلند و بخصوص بخش نورد که می‌توان ظرفیت تولید را از طریق کاهش نقطهٔ ذوب ارتقا داد، به طوری‌که نقطهٔ ذوب در کارخانه ذوب آهن حدود ۴۲ دقیقه است که در مقایسه با کشور ژاپن (۳۰ دقیقه) فاصله چشمگیری دارد و همچنین با مصرف بیشتر شمش می‌توان ظرفیتهای نهفته را عینیت بخشید و به دیگر سخن، افزایش ظرفیت در یک کارخانه یعنی زمانهای گمشده را کم نمود که این خود بستگی به مهارت افراد، برنامه‌ریزی درست، تعمیرات بموقع و... دارد.

ب) احداث خط تولید جدید با استفاده از فن‌آوری مدرنتر نظیر روش احیای مستقیم (میدرکس).

۲- به منظور کاهش در هزینه‌های ذوب‌آهن، همچنان‌که از جدول ضمیمه مشخص می‌شود، سهم مواد اولیه به طور متوسط روندی صعودی داشته است، لذا به منظور کپاهش سهم مواد اولیه در هزینه‌های تولید پیشنهاد می‌شود که اولاً ارتفاع و حجم کورهٔ بلند به منظور استفاده کاراتر از مواد اولیه افزایش یابد و ثانیاً از آنجایی که کشور از ذخایر عظیم گاز طبیعی برخوردار است می‌توان از آن در فرایند احیای مستقیم استفاده نمود که در این صورت به مصرف زغال سنگ نیاز نیست و هزینه‌های تولید را به نحو چشمگیری کاهش خواهد داد.

منابع

Christensen, L.R., Jorgenson, D.W , Lau, L. (1973). Transendental logarithmic production frontiers. **Review of Economic and Statistic**. Vol. 55, PP. 28-45.

Counihan, M. (1981). **A Dictionary of Energy**. Routeye & Kegan.

Eatwell, J., Milgate, M., Newman, P. (1988). **The new palgrave dictionary of economics (2nd ed)**. New York: Macmillan.

Erkkila, J. (1990). Economic information about ironmaking. **Applied Economic**. Vol. 27, PP. 1335 - 1353.

Greene, W.H. (1990), **Econometric analysis (3rd, ed)**. New York: Macmillan.

Griffin, J.M. (1979). Statistical cost analysis revisited. **Quartery Journal of Economics**. Vol. 96, PP. 183 - 187.

Heathfield, F. & Wibe, S. (1987). **An introduction to cost and production function**. New York: Macmillan.

Mcgeehan, H. (1993). Railway costs and productivity growth: The case of the Republic of Ireland 1973 - 1983. **Journal of Transport Economics and Policy**. PP. 19 - 32.

Murty, M. & Rao, B. (1993). Analysis of technological change, factor substitution and economies of scale in manufacturing industries in india. **Applied Economics**. Vol. 25, PP. 1337 - 1343.

Okunade, A. (1993). Production cost structure of U.S.Hospital pharmacies. **Journal of Applied Econometrics.**Vol. 8, PP. 277 - 294.

Stevenson, R. (1980). Measaring technological bias. **The American Economic Review.** Vol. 70, PP. 162 - 173.

Walfridson, B. & HJalmarsson, L. (1994). **Sources of productivity slowdown in swedish manufacturing 1964 - 1989.** Working paper. Goteborg University, Sweden.

Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unreluted regression. **Journal of The American Association**. Vol. 157, PP. 997 - 992.

بانک مرکزی ایران (۷۷ - ۱۳۵۰)، **گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی**. تهران: ادارهٔ حسابهای اقتصادی.

زمانیان، غلامرضا (۱۳۷۹). **برآورد تابع هزینهٔ ترانسلوگ مقاطع طولی فولاد در شرکت ذوب آهن اصفهان (۷۷-۱۳۵۰)**. پایان نامه کارشناسی ارشد (چاپ نشده)، دانشگاه اصفهان.

گجراتی، دامودار (۱۳۷۸). **مبانی اقتصادسنجی**. چاپ دوم، ترجمه حمید ابریشمی، جلد دوم، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.