

# ارزیابی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از تابع حداکثر درست‌نمایی (MLE)

محمدنبی شهیکی تاش<sup>۱\*</sup>، نورمحمد یعقوبی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه مدیریت دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- دانشیار گروه مدیریت دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

پذیرش: ۹۲/۱۰/۳

دریافت: ۹۱/۱۰/۶

## چکیده

در این مقاله کارایی تکنیکی (TE) بر مبنای رویکرد مرز تصادفی (SFA) و با استفاده از برآورد تابع تولید ترانسلوگ به روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) در صنایع ایران محاسبه شده است. یافته‌های این مقاله نشان‌دهنده آن است که در بین ۱۴۰ صنعت بررسی شده در کد چهار رقمی ISIC، صنایع تولید "محصولات اساسی مسی"، "پاک کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی پسته"، "تولید وسایل نقلیه موتوری" و "تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه" و "ساخت لاستیک مصنوعی" بالاترین سطح کارایی در میان صنایع ایران در سال ۱۳۸۸ را داشته‌اند. همچنین مطالعه جاری نشان می‌دهد که بیش‌ترین تغییرات کارایی در طول سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۸ مربوط به صنایع "تولید ماشین‌آلات عمل‌آوری مواد غذایی و نوشابه"، "تولید توتون و تنباکو"، "تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش" و "تولید تجهیزات بالا برنده" بوده است.

کلیدواژه‌ها: کارایی فنی؛ صنعت؛ حداکثر درست‌نمایی؛ تابع مرزی؛ طبقه‌بندی JEL: D16، L83.

## ۱- مقدمه

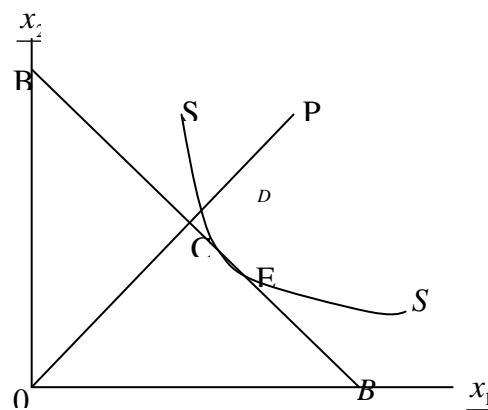
در مباحث نظری، کارایی از چهار بعد بررسی می‌شود. این چهار بعد عبارتند از کارایی فنی<sup>۱</sup>، کارایی تخصیصی<sup>۲</sup>، کارایی اقتصادی<sup>۳</sup> و کارایی مقیاس. در جدول ۱ توضیحاتی در مورد هر یک ارائه شده است.



جدول ۱ ابعاد کارایی و مفاهیم مرتبط با آن

| انواع کارایی   | توضیحات   |
|----------------|---|
| کارایی فنی     | کارایی فنی نشان‌دهنده میزان توانایی یک بنگاه در حداکترسازی تولید با توجه به عوامل تولید مشخص است و یا به عبارتی بیانگر استفاده از حداقل نهاده‌های تولیدی برای تولید یک سطح معین ستاده است.  |
| کارایی تخصیصی  | نشان‌دهنده توانایی بنگاه برای استفاده از ترکیب بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت آن‌هاست، به گونه‌ای که هزینه تولید حداقل شود.  |
| کارایی اقتصادی | ترکیبی از کارایی فنی و کارایی تخصیصی می‌باشد، به عبارت دیگر کارایی اقتصادی نشان‌دهنده کارایی در نحوه تولید و تخصیص عوامل تولید است. کارایی اقتصادی را کارایی هزینه‌ای <sup>۴</sup> نیز می‌گویند چرا که هرگاه از لحاظ هزینه‌ای کارا عمل نماییم، بهترین تخصیص و بهترین شیوه تولید نیز به وجود می‌آید. |
| کارایی مقیاس   | دستیابی به نقطه بهینه تولید (MES) یا نقطه حداقل هزینه متوسط، به‌عنوان نقطه کارایی بهره‌ور در صنایع شناخته می‌شود.   |

در نمودار زیر ارتباط و مقایسه بین سه نوع کارایی اول ذکر شده است. تصور کنید که بنگاهی تنها از نهاده‌های تولیدی  $X_1, X_2$  برای تولید محصول  $y$  استفاده می‌کند (این تعریف در شرایط بازده ثابت نیست به مقیاس تولید فارل (۱۹۵۷) ارائه شده است). [۱ ص ۲۵۳-۲۸۱]



نمودار ۱ مقایسه کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی

در نمودار ۱ منحنی  $SS$  (منحنی هم مقداری تولید بنگاه) مفروض می‌باشد که نقاط روی آن ترکیبات مختلفی از عوامل تولید که سطح مشخصی از محصول را تولید می‌نمایند، نشان می‌دهد. اگر نقطه  $P$  موقعیت واقعی بنگاه باشد، کارایی فنی ( $TE$ ) این بنگاه در نقطه مذکور  $TE = \frac{OD}{OP}$  است. این بنگاه به لحاظ فنی زمانی از کارایی کامل برخوردار است که تولید او روی منحنی  $SS$  انجام شود (نقطه‌ای مانند  $D$ ) چنانچه تولید در سمت راست منحنی مذکور صورت پذیرد، بنگاه با عدم کارایی مواجه خواهد بود. در یک بنگاه کاملاً کارا  $OD = OP$  است. هرچه میزان فاصله بین  $OD$  و  $OP$  بیشتر باشد، میزان کارایی فنی کمتر خواهد بود. در زمینه کارایی تخصیصی لازم است اطلاعات مربوط به قیمت عوامل تولید (به عبارتی مشخصات خط هزینه یکسان بنگاه (یعنی  $BB'$ )) معلوم باشد. در این شرایط کارایی تخصیصی ( $AE$ ) بنگاه در نقطه  $P$  برابر با  $AE = \frac{OC}{OD}$  است. از حاصل ضرب کارایی فنی و کارایی تخصیصی می‌توان کارایی

$$\text{اقتصادی (EE)، یعنی } EE = \left\{ \left( \frac{OC}{OD} \right) \left( \frac{OD}{OP} \right) \right\} \text{ را به دست آورد [ص ۲۱۱-۲۳۰].}$$

اکنون سؤال آن است که صنایع ایران چه شرایطی از حیث کارایی دارا می‌باشند. در راستای پاسخ به این سؤال در این مقاله کارایی تکنیکی ( $TE$ ) بر مبنای رویکرد مرز تصادفی ( $SFA$ )<sup>۵</sup> در صنایع کارخانه‌ای ایران ارزیابی می‌شود.

## ۲- ادبیات تحقیق

روش‌های متنوعی برای سنجش کارایی وجود دارد. این روش‌ها مبتنی بر مدل‌های ریاضی یا مدل‌های اقتصادسنجی می‌باشد. ویژگی تمامی روش‌های متعارف برای ارزیابی کارایی در صنعت آن است که در آغاز یک مرز کارا اندازه‌گیری می‌شود و سپس سطوح کارایی بنگاه‌ها با این مرز برآورد شده مقایسه می‌شود. بسیاری از مطالعات بیانگر آن است که قدرت تحلیل‌های مرزی نسبت به سایر روش‌های رقیب مناسب‌تر بوده است و زمینه رتبه‌بندی بنگاه‌ها را فراهم می‌کند. به طور کلی دو روش متعارف برای ارزیابی کارایی بنگاه‌های صنعتی وجود دارد. یکی رویکرد پارامتریک ارزیابی کارایی و دیگری رویکرد ناپارامتریک ارزیابی کارایی صنایع می‌باشد. در رویکرد پارامتریک محققان با به‌کارگیری توابع هزینه و تولید ترانسلوگ، کاب

داگلاس و... تلاش می‌کنند تا با برآورد پارامترهای توابع با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی، ارزیابی در مورد سطح کارایی بنگاه‌ها در مقایسه با صنعت فراهم آورند. در حالی که در رویکرد ناپارامتریک از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی برای نیل به این هدف استفاده می‌شود. در جدول ۲ مقایسه بین این رویکرد انجام شده است.

جدول ۲ مقایسه روش اندازه‌گیری پارامتریک و ناپارامتریک

| رویکرد   |  | ویژگی                  |
|--|--|------------------------|
| ناپارامتریک  | پارامتریک  |                        |
| برنامه‌ریزی خطی  | اقتصادسنجی   | روش تخمین              |
| وجود ندارد   | وجود دارد  | جز اخلال تصادفی        |
| ۱. کارایی فنی<br>۲. کارایی مقیاس<br>۳. کارایی تخصیصی<br>۴. کارایی مدیریتی<br>۵. کارایی اقتصادی<br>۶. تغییرات تکنولوژی<br>۷. تغییرات در بهره‌وری کل | ۱. کارایی فنی<br>۲. بازده نسبت به مقیاس اقتصادی<br>۳. کارایی اقتصادی<br>۴. کارایی تخصیصی | موارد قابل اندازه‌گیری |
| ۱. مقادیر عوامل تولید<br>۲. مقادیر محصول<br>۳. هزینه و قیمت عوامل تولید  | ۱. مقادیر عوامل تولید<br>۲. مقادیر محصول<br>۳. قیمت عوامل تولید                          | متغیرهای مورد نیاز     |

منبع: پژوهش جاری

در روش‌های پارامتریک از یک مدل پارامتریک با جزء تصادفی (استوکاستیک) استفاده می‌شود که در آن جزء تصادفی نشانگر عدم کارایی است. آيگنر، لاول و اشمیت<sup>(۱۹۷۷)</sup> از پیشگامان این روش هستند. در این روش براساس فروض خاصی مدلی با جزء تصادفی طراحی می‌شود و با توجه به روش‌های اقتصادسنجی تخمین و درنهایت کارایی محاسبه می‌شود. اما روش‌های ناپارامتریک مبتنی بر یک مدل دترمینستیک و غیرتصادفی است و نیازی به تعریف یک تابع خاص ندارد و از تکنیک برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌شود. در این روش

هیچ گونه جزء اخلاص وجود ندارد و فرض می‌شود که تمام آثار متغیرها به دور از هر گونه تورش قابل شناسایی هستند. در این روش هدف دستیابی به یک منحنی پوش<sup>۷</sup> برای تمام بنگاه‌های فعال در یک صنعت است که به‌عنوان معیاری برای محاسبه کارایی<sup>۸</sup> و بهره‌وری<sup>۹</sup> شناخته می‌شود. [۲ ص ۱۸۹-۲۰۵]

از مهم‌ترین مطالعات که به صورت پارامتریک و ناپارامتریک انجام شده است، می‌توان به مقاله فارل [۱ ص ۲۵۳-۲۸۱]، آیگنر و چو [۲ ص ۱۸۹-۲۰۵]، آیگنر، لاول و اسکمیدت [۳ ص ۸۲۶-۸۳۹]، برندت، وود و دیوید [۴ ص ۲۱-۳۷]، لاول و ریچاردسون و تراورز [۵ ص ۱۰]، کولی [۶ ص ۲۴]، باسو و فرنالد [۷ ص ۱۵]، باتیس و کولی [۸ ص ۱۶۵-۱۸۸]، کولی و پارلمن [۹ ص ۳۲۵-۳۳۲]، سیما و ویلسون [۱۰ ص ۳۲۶-۳۳۹]، هوراس و پارمتر [۱۱ ص ۶۲-۹۸]، بدیونکو و هندرسون و کومبهاکر [۱۲ ص ۱۲۹-۱۴۱]، کومبهاکر و پارمتر و تسیوناس [۱۳ ص ۸۶۳-۸۹۲]، چارونرات و هاروی [۱۴ ص ۶۶-۷۶] اشاره کرد. در این مقاله با توجه به ویژگی‌ها و مزیت‌های روش پارامتریک و رویکرد مرزی تصادفی (SFA)، از این رویکرد استفاده شده است.

### ۳- رویکرد مرزی تصادفی (SFA)

رویکرد مرزی تصادفی که به‌عنوان رویکرد مرزی اقتصادسنجی<sup>۱۰</sup> نیز شناخته شده است، فرم تابعی را برای هزینه، سود یا رابطه تولیدی بین ورودی‌ها، خروجی‌ها و عوامل محیطی تصریح می‌کند و خطاهای تصادفی را نیز در نظر می‌گیرد. این رویکرد فرض می‌کند که انحراف‌های هزینه تشخیص داده شده از مرز هزینه یا به‌واسطه ناکارایی هزینه و یا به‌علت نوسان‌های اتفاقی و یا به‌علت هر دوی این عوامل می‌باشد. در واقع رویکرد مرز تصادفی (SFA) یک مدل خطای ترکیب را فرض می‌کند که در آن عدم کارایی‌ها یک توزیع نامتقارن را دنبال می‌کنند و این توزیع معمولاً نیمه نرمال است، در حالی که خطاهای تصادفی رگرسیون دارای یک توزیع متقارن و نرمال هستند. در این رویکرد نخست یک تابع مرزی تعریف می‌شود که انحرافات مشاهده شده از این مرز بستگی به دو جمله دارد: ۱. جز تصادفی یا اخلاص که یک فرایند کاملاً استوکاستیک است؛ ۲. جز ناکارایی؛

در حالت کلی، مدل مرزی تصادفی یک مدل رگرسیون با یک توزیع نامتقارن و غیرنرمال

است و ساختار این مدل در فرم کلی به صورت زیر می‌باشد:

$$y_i = f(x_i; \beta) + v_i - u_i$$

$$y_i = x_i \beta + v_i - u_i$$

$$v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$$

$$u_i \sim N(0, \sigma_u^2 f)$$

$y_i$  تولید بنگاه  $i$  ام،  $x_{it}$  بردار  $k \times 1$  است که مقادیر ورودی بنگاه‌ها را نشان می‌دهد و  $\beta$  پارامترهای مدلی است که باید تخمین زده شود.  $v_i$  جز اخلاص تصادفی است که فرض می‌شود توزیع نرمال دارد و مستقل از  $u_i$  است و  $u_i$  متغیر تصادفی غیرمنفی است که فرض می‌شود توزیع نیم نرمال یا نرمال منقطع دارد. تفاضل دو جمله  $v_i$  و  $u_i$  نامتقارن و غیرنرمال است که یک ویژگی مهم توابع مرزی تصادفی است. در این روش  $v_i$  خطای معمولی دو دامنه‌ای می‌باشد که بیانگر تغییرات تصادفی اقتصادی است که بنگاه‌ها با آن مواجهند و غیرقابل کنترل است، مانند شوک و عوامل استوکاستیک علاوه بر این شامل خطاهای ناشی از حذف متغیرهای غیرمهم از مدل و خطاهای اندازه‌گیری نیز می‌باشد. این متغیر تصادفی یک توزیع نرمال دارد که این توزیع مستقل از  $u_i$  است. این فرض را می‌توان از طریق ماهیت تصادفی  $v_i$  و قضیه حد مرکزی (زیرا  $v_i$  تابعی از آثار مستقل متفاوت است) توجیه کرد. جز  $u_i$  یک خطای یک دامنه‌ای بوده که به ناکارایی‌ها مربوط می‌شود، به‌عنوان نمونه دانش خاص بنگاه، مهارت‌ها کوشش‌های مدیران و فناوری تولید، عواملی هستند که آثار خود را در میزان کارایی بنگاه‌ها نشان می‌دهد. از آن جایی که ناکارایی نمی‌تواند بیشتر از یک باشد، بنابراین  $u_i$  به مقادیر کمتر از واحد محدود می‌شود. قابل ذکر است که روش‌های مختلفی برای برآورد مرز تصادفی وجود دارد. هریک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. در جدول‌های ۳ و ۴ مقایسه‌ای بین روش‌های برآوردی در داده‌های تلفیقی ارائه شده است. [۹ ص ۳۲۵-۳۳۲]

جدول ۳ مقایسه روش‌های برآورد مربوط به مرز تصادفی در شرایطی که جز ناکارایی در طی زمان ثابت است

| کارایی در طی زمان ثابت است | مفروض‌ها   | مزایا   | معایب  |
|----------------------------|--|---|--|
| مدل FE                     | $u_i \geq 0$<br>$v_{it} \equiv N(0, \sigma_v^2)$   | ۱- هیچ فرضی در مورد توزیع $u_i$ نیاز نیست.<br>۲- نیاز نیست که فرض نماید $u_i$ مستقل از $x_{it}$ و $v_{it}$ است. | ۱- نیاز است که فرض شود یک بنگاه صد درصد کارا است.<br>۲- نمی تواند شامل رگرسورهای ثابت در طی زمان باشد.<br>۳- سازگار بودن $u_i$ مستلزم آن است که $N \rightarrow \infty$ و $T \rightarrow \infty$ میل کند. |
| مدل RE بروش GLS            | $u_i \geq 0$<br>$v_{it} \equiv N(0, \sigma_v^2)$<br>- میانگین و واریانس $u_i$ ثابت است.<br>- $u_i$ با $x_{it}$ و $v_{it}$ همبستگی ندارد. | ۱- مفروضات ضعیفی در مورد $u_i$ لحاظ می شود.<br>۲- زمانی که $N$ زیاد و $T$ کم است مناسب تر است.                  | ۱- فرض بر آن است که $Corr(x, u) = 0$<br>۲- سازگار بودن $u_i$ مستلزم آن است که $N \rightarrow \infty$ و $T \rightarrow \infty$ میل کند.   |
| مدل RE بروش ML             | $u_i \geq 0$<br>$v_{it} \equiv N(0, \sigma_v^2)$<br>$u_i \equiv N^+(0, \sigma_u^2)$<br>- $u_i$ با $x_{it}$ و $v_{it}$ همبستگی ندارد.     | ۱- روش کارتری است.<br>۲- سازگاری $u_i$ تنها مستلزم آن است که: $T \rightarrow \infty$                            | ۱- باید شکل توزیع $u_i$ مشخص باشد.<br>۲- $Corr(x, u) = 0$<br>۳- به جای برآورد پارامترها در شرایط مینیمم سراسری ممکن است مینیمم محلی به دست آمده باشد.  |

منبع: تحقیق جاری



جدول ۴ تصریح اقتصادسنجی مدل های قابل استفاده و نحوه محاسبه  $u_{it}$

| مدل        | روش برآورد | ویژگی                                    | خطای تصادفی $\mathcal{E}_{it}$   | ناکارایی $u_{it}$                               |
|------------|------------|--|--|---|
| مدل پولینگ | ML         | None                                     | $\mathcal{E}_{it} = v_{it} + u_{it}$<br>$u_{it} \cong iid N^+(0, \sigma_u^2)$<br>$v_{it} \cong iid N(0, \sigma_v^2)$ | $E(u_{it}   \mathcal{E}_{it})$                  |
| مدل RE     | GLS        | $\alpha_i \cong iid(o, \sigma_\alpha^2)$ | $\mathcal{E}_{it} = v_{it} + \alpha_i$<br>$\mathcal{E}_{it} \cong iid N(0, \sigma_\varepsilon^2)$                    | $u_i = \hat{\alpha}_i - \min\{\hat{\alpha}_i\}$ |
| مدل RE     | ML         | $u_i \cong iid N^+(o, \sigma_u^2)$       | $\mathcal{E}_{it} = v_{it} + u_{it}$<br>$u_{it} \cong iid N^+(0, \sigma_u^2)$<br>$v_{it} \cong iid N(0, \sigma_v^2)$ | $E(u_i   \mathcal{E}_i)$                        |
| مدل FE     | ML         | Fixed ( $\alpha_i$ )                     | $\mathcal{E}_{it} = v_{it} + u_{it}$<br>$u_{it} \cong iid N^+(0, \sigma_u^2)$<br>$v_{it} \cong iid N(0, \sigma_v^2)$ | $E(u_{it}   \mathcal{E}_{it})$                  |

منبع: تحقیق جاری

#### ۴- سنجش کارایی بروش حداکثر درست‌نمایی (ML)

یکی از بهترین معیارهای ارزیابی عملکرد یک صنعت، ارزیابی مرز کارایی<sup>۱۱</sup> در صنعت است که توسط باتیس و کولی (۱۹۹۵)<sup>۱۲</sup> معرفی شده است. بر این اساس در این تحقیق، کارایی فنی صنایع کشور با استفاده از مدل تابع مرزی تصادفی - که بر مبنای مدل باتیس و کولی (۱۹۹۵) می باشد - اندازه‌گیری شده است:

$$Q_{it} = f(x_{it}, \beta) \exp(\mathcal{E}_{it}) = f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it} - u_{it})$$

$$\mathcal{E}_{it} = v_{it} - u_{it}$$

$$v_{it} \cong iid N(o, \sigma_v^2)$$

$$u_{it} \cong iid |N(m_{it}, \sigma_u^2)|$$

$$u_{it} \geq 0$$



در مدل بالا،  $f(\cdot)$  شکل تابع مناسب،  $y_{it}$  ستانده واحد  $i$  ام در زمان  $t$  و  $x_{it}$  بردار عوامل تولیدی برای واحد  $i$  ام در زمان  $t$  می باشد.  $Z$  ها متغیرهای تأثیر گذار بر عدم کارایی فنی هر یک از واحدهای مورد بررسی است.  $\delta$  ها پارامترها یا ضرایب مربوط به متغیرهای مذکور و بردار  $\alpha$ ، پارامترهای اصلی مدل هستند که باید برآورد شوند. متغیر  $u_{it}$  و  $v_{it}$  نیز به ترتیب بیانگر میزان عدم کارایی و سایر اختلالات آماری در مدل می باشند.  $u_{it}$ ، دارای توزیع نرمال منقطع در نقطه صفر با میانگینی برابر با  $m_{it}$  می باشد. در این مدل به جای واریانس‌های  $\sigma_u^2$  و  $\sigma_v^2$ ، دو پارامتر واریانس  $(\sigma^2)$  و  $\gamma$  که به ترتیب  $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$  و  $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$  جایگزین و برآورد می شوند. پارامتر  $\gamma$  در واقع معنادار بودن جز عدم کارایی و اثر آن در مدل را ارزیابی می کند. این پارامتر در فرایند حداکثرسازی تکراری برآورد شده و مقداری بین صفر و یک را اختیار می کند. در حالتی که  $\gamma$  برابر با صفر است؛ یعنی  $\sigma_u^2 = 0$  و یا  $\sigma_v^2 = \infty$  می باشد، جز عدم کارایی از مدل حذف و مدل  $Q_{it} = f(x_{it}, \beta) \exp(\varepsilon_{it})$  به یک مدل رگرسیونی معمولی تبدیل می شود. در شرایطی که  $\gamma \rightarrow 1$ ، در این حالت مدل مذکور به مدل تابع مرزی معین نزدیک خواهد شد. در رابطه معمولی  $(v_{it})$  تفکیک شود. بر همین اساس از روش جاندر و همکاران (۱۹۸۲) استفاده می شود. همان طور که در بخش قبل بیان شد، جاندر و یک رابطه برای تعیین ارزش مورد انتظار شرطی جز  $u_{it}$  به شرط جمله اختلال ترکیبی،  $E(u_{it} | \varepsilon_i = v_i - u_i)$  را ارائه کرد. در شرایطی که  $u_{it}$  دارای توزیع نرمال منقطع می باشد، این رابطه برابر است با [8]:

$$E(u_{it} | \varepsilon_i = v_i - u_i) = \frac{\sigma \lambda}{(1 + \lambda^2)} \left[ \frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_i \lambda + \mu}{\sigma + \sigma \lambda}\right)}{\Phi\left(\frac{-\varepsilon_i \lambda - \mu}{\sigma - \sigma \lambda}\right)} - \left(\frac{\varepsilon_i \lambda + \mu}{\sigma + \sigma \lambda}\right) \right]$$

که در آن  $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$  و  $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$  است.  $\lambda$  درجه نامتقارن و غیرنرمال بودن جمله اختلال ترکیبی  $(\varepsilon_i = v_i - u_i)$  را نشان می دهد. همچنین  $\phi(\cdot)$  و  $\Phi(\cdot)$  به ترتیب تابع چگالی و توزیع نرمال استاندارد می باشند. با استفاده از تابع حداکثر درست‌نمایی (ML) و

تخمین  $\sigma$ ،  $\lambda$ ،  $\mu$  و  $\varepsilon_i$  از تابع زیر، برحسب فرض مورد نظر در خصوص نوع توزیع  $u_i$  و همچنین تخمین پارامترهای مدل  $Q_{it} = f(x_{it}, \beta) \exp(\varepsilon_{it})$  می‌توان برآوردهایی را برای  $u_i$  و  $v_i$  به دست آورد [ص ۱۶۵-۱۸۸].

$$\begin{aligned} \log l(\alpha, \beta, \mu, \lambda, \sigma_{it}) = & \sum_{i=1}^N \left\{ -\frac{1}{\nu} \left[ T \ln \nu \pi - \ln \nu + T \ln \sigma_{it}^{\nu} + \ln(\nu + \lambda T_i) - \nu \ln \phi \left( \frac{\mu}{\sigma_{it}} \right) \right] \right\} \\ & + \sum_{i=1}^N \left\{ -\frac{1}{\nu} \left[ -\frac{\lambda}{\nu + \lambda T} \left( \sum_{i=1}^T \frac{\varepsilon_{it} - \mu}{\sigma_{it}} \right)^{\nu} + \sum_{i=1}^T \left( \frac{\varepsilon_{it} - \mu}{\sigma_{it}} \right)^{\nu} \right] \right\} \\ & + \sum_{i=1}^N \ln \phi \left\{ \left[ \sqrt{\frac{\lambda}{\nu + \lambda T}} \right] \left[ \frac{1}{\sigma_{it}} \right] \left[ \sum_{i=1}^T (\varepsilon_{it} - \mu) + T \mu \left( \nu - \frac{1}{\lambda} \right) \right] \right\} \end{aligned}$$

در نهایت میزان کارایی فنی هریک از واحدهای مورد بررسی، برابر خواهد شد با:

$$TE_i = \exp^{-E[u_i | \varepsilon_i]}$$

## ۵- برآورد اقتصادسنجی مدل

در این تحقیق برای ارزیابی عملکرد برای  $Q_{it}^F = f(X_{it}, t)$  از تابع ترانسلوگ زیر استفاده شده است:

$$\begin{aligned} \ln Q_{it} = & \alpha + \alpha_L \ln L_{it} + \alpha_K \ln K_{it} + \frac{1}{\nu} \beta_{LL} (\ln L_{it})^{\nu} + \frac{1}{\nu} \beta_{KK} (\ln K_{it})^{\nu} + \beta_{LK} (\ln L_{it}) (\ln K_{it}) \\ & + \beta_{iL} (\ln L_{it}) t + \beta_{iK} (\ln K_{it}) t + \alpha_i t + \frac{1}{\nu} \beta_{it} t^{\nu} + (v_{it} - u_{it}) \end{aligned}$$

$$v_{it} \cong iid N(0, \sigma_v^{\nu})$$

$$u_{it} \cong iid N(m_{it}, \sigma_u^{\nu})$$

$$u_{it} \geq 0$$

قابل ذکر است که در این تحقیق برای کمی کردن شاخص تکنولوژی با استفاده از اطلاعات مربوط به هزینه‌های تحقیق و توسعه (R & D) و تعداد نیروی کار دارای تحصیلات لیسانس به بالا (LL) و با به‌کارگیری رهیافت فازی، یک شاخص تلفیقی برای ارزیابی تکنولوژی در این مقاله در نظر گرفته شده است.

$$t_j(i) = \begin{cases} 1 & \text{if : } R \& D_j^i \leq R \& D_j^{\min}, \quad LL_j^i \leq LL_j^{\min} \\ \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{R \& D_j^{\max} - R \& D_j^i}{R \& D_j^{\max} - R \& D_j^{\min}} \right] + \left[ \frac{LL_j^{\max} - LL_j^i}{LL_j^{\max} - LL_j^{\min}} \right] \right\} & \text{if : } R \& D_j^{\min} \leq R \& D_j^i \leq R \& D_j^{\max} \\ & LL_j^{\min} \leq R \& D_j^i \leq LL_j^{\max} \\ 0 & \text{if : } R \& D_j^i \geq R \& D_j^{\max}, \quad LL_j^i \geq LL_j^{\max} \end{cases}$$

که  $Q_{ii}$  متناظر با ارزش افزوده صنعت می باشد. قابل ذکر است که توزیع مرتبط با «آثار ناکارایی تکنیکی» یک تابع توزیع نرمال غیر منفی قطع شده<sup>۱۳</sup> با مؤلفه‌های  $N(m_{ii}, \sigma_{ii}^2)$  می‌باشد. در جدول ۵ آزمون فرضیه‌های مربوط به انتخاب بهترین مدل ارائه شده و در جدول ۶ تابع مرزی و کارایی فنی صنایع کد چهار ISIC با تخمین حداکثر درست‌نمایی (MLE) پارامترهای تابع ترانس‌لوگ استخراج شده است. از آن جایی که روش تابع مرزی تصادفی یک روش آماری بوده و مبتنی بر یک سری استنباطات آماری می‌باشد، بنابراین قبل از تحلیل نتایج حاصل از تخمین مدل و میزان کارایی برآورد شده، لازم است که نخست پیرامون نتایج به‌دست آمده یک مجموعه فروض آماری آزمون شوند. فرضیه‌های مربوط به نتایج حاصل از تخمین مدل‌های مورد نظر با استفاده از آماره لگاریتم نسبت درست‌نمایی (LR) آزمون شده‌اند. آماره مزبور یکی از متداول‌ترین آماره‌هایی است که برای آزمون‌های مربوط به برآوردکننده‌های روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) به کار گرفته می‌شود. این نسبت عبارت است از مقدار حداکثر تابع درست‌نمایی برای توابع مقید تحت فرضیه صفر به مقدار حداکثر تابع درست‌نمایی برای توابع نامقید تحت فرضیه مقابل که به طور کلی آن را می‌توان به شکل زیر بیان کرد [۱۵ ص ۹۹-۱۲۱].

$$LR = -2 \{L(H_0) - L(H_1)\}$$

که در آن  $L(H_0)$  و  $L(H_1)$  به ترتیب مقادیر لگاریتم درست‌نمایی تحت فرضیه صفر و فرضیه مقابل هستند. آماره فوق دارای توزیع  $\chi_{df}^2$  با درجه آزادی برابر با تعداد قیود اعمال شده

بر مدل تحت فرضیه صفر می باشد. نتایج آزمون فرضیه‌های مربوط به مدل در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵ آزمون آماری فروض مدل تابع تولید مرزی

| رد یا قبول فرضیه $H_0$ | $\chi^2_{df}$ | $LR = -2\{L(H_0) - L(H_1)\}$ | مقدار $L(H_0)$ | مقدار $L(H_1)$ | فرضیه $H_0$  |
|------------------------|---------------|------------------------------|----------------|----------------|--|
| رد $H_0$               | ۱۲/۵۹         | ۴۷۸/۸۴                       | ۹۶/۸۰          | -۱۴۲/۶۲        | $H_0 : \beta_{ij} = \beta_{kj} = \beta_{lj} = \alpha_i = 0 \quad j=l, k$ |
| رد $H_0$               | ۵/۹۹          | ۳۶/۲۲                        | ۹۶/۸۰          | ۷۸/۶۹          | $H_0 : \beta_{ik} = \beta_{il} = 0$                                      |
| رد $H_0$               | ۹/۴۹          | ۳۷۱/۸۴                       | ۹۶/۸۰          | -۸۹/۱۲         | $H_0 : \beta_{ij} = \beta_{il} = \alpha_i = 0$                           |
| رد $H_0$               | ۵/۹۹          | ۵۲۰/۸۴                       | ۳۵۷/۲۲         | ۹۶/۸۰          | $H_0 : \mu = \eta = 0$   |
| رد $H_0$               | ۳/۸۴          | ۳۴/۳۸                        | ۱۱۳/۹۹         | ۹۶/۸۰          | $H_0 : \mu = 0$  |
| رد $H_0$               | ۳/۸۴          | ۴۰۷/۷۶                       | ۳۰۰/۶۸         | ۹۶/۸۰          | $H_0 : \eta = 0$   |

منبع: پژوهش جاری

اولین فرضیه‌ای که مورد آزمون قرار گرفته است، مربوط به انتخاب شکل تابع تولید مرزی می‌باشد. در این مورد- همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود- رد فرضیه صفر  $H_0 : \beta_{ij} = \beta_{kj} = \beta_{lj} = \alpha_i = 0$  بیانگر این است که فرم ترانسلوگ تابع مرزی، بهتر از فرم کاب-داگلاس در این تحقیق است. فرضیه دوم که در جدول ۵ مورد آزمون قرار گرفته است، در مورد خنثی بودن یا نبودن نوع تغییرات تکنولوژی است. از نظر هیکس تغییر تکنولوژی زمانی خنثی است که بهره‌وری تمامی عوامل تولیدی با تغییر تکنولوژی به یک نسبت تغییر پیدا کنند که این را می‌توان از طریق تأثیر متقابل شاخص تکنولوژی و سایر متغیرهای مستقل در مدل

مورد ارزیابی قرار داد. بر همین اساس فرضیه صفر در اینجا بیانگر آن است که تغییرات تکنولوژی از نوع خنثی می‌باشد؛ یعنی  $H_0: \beta_{ik} = \beta_{il} = 0$ . نتایج به دست آمده بیانگر رد فرضیه یاد شده است. بنابراین می‌توان گفت در این مدل تغییرات تکنولوژی غیر خنثی است. فرضیه سوم پیرامون بررسی تأثیر تغییرات تکنولوژی در مدل می‌باشد. در این زمینه فرضیه صفر عدم تأثیر تغییرات تکنولوژی،  $H_0: \beta_{ij} = \beta_{il} = \alpha_i = 0$ . مورد آزمون قرار گرفته است که نتایج به دست آمده نشان‌دهنده معنادار بودن اثر تغییرات تکنولوژی در مدل یاد شده است. فرضیه چهارم در مورد آن است که آیا  $H_0: \mu = \eta = 0$  است یا خیر. این فرضیه به معنای آن است که نخست توزیع  $u$  به صورت نیمه نرمال بوده، دوم ناکارایی در طی زمان تغییر نمی‌کند. نتیجه آزمون این فرضیه نشان می‌دهد که توزیع  $u$  نرمال قطع شده بوده و ناکارایی نیز در طی زمان تغییر می‌کند. فرضیه پنجم و ششم به صورت جداگانه به بررسی ساختار توزیع  $u$  و تغییرات  $\eta$  در طی زمان پرداخته که مؤید نتایج فرضیه چهارم است. براساس آزمون فرضیه‌های بالا، اکنون می‌توان تابع مرزی تصادفی (SFA) را برآورد و تحلیل کرد. نتایج حاصل از برآورد تابع مرزی ترانسلوگ در جدول ۶ گزارش شده است.

جدول ۶ برآورد تابع مرز تصادفی ترانسلوگ به روش MLE

| $LnQ_{it} = \alpha_0 + \alpha_L LnL_{it} + \alpha_K LnK_{it} + \frac{1}{\gamma} \beta_{LL} (LnL_{it})^\gamma + \frac{1}{\gamma} \beta_{KK} (LnK_{it})^\gamma + \beta_{LK} (LnL_{it})(LnK_{it}) + \beta_{iL} (LnL_{it})t + \beta_{iK} (LnK_{it})t + \alpha_i t + \frac{1}{\gamma} \beta_{it} t^\gamma + (v_{it} - u_{it})$ |              |        |              |         |
|---|--------------|--------|--------------|---------|
| متغیرها   | پارامترها    | ضرایب  | انحراف معیار | آماره t |
| Constant  | $\alpha_0$   | ۱۰/۳۴  | ۰/۷۵         | ۱۳/۶۷   |
| $LnL_{it}$  | $\alpha_L$   | ۱/۰۴   | ۰/۱۵         | ۶/۸۹    |
| $LnK_{it}$  | $\alpha_K$   | -۰/۴۳  | ۰/۱۲         | -۳/۴۲   |
| $(LnL_{it})^\gamma$   | $\beta_{LL}$ | -۰/۵۴  | ۰/۰۱۴        | ۳/۸۶    |
| $(LnK_{it})^\gamma$   | $\beta_{KK}$ | -۰/۶۰  | ۰/۰۱۳        | ۴/۶۲    |
| $(LnL_{it})(LnK_{it})$  | $\beta_{LK}$ | -۰/۰۲۴ | ۰/۰۱۴        | -۱/۷۱   |
| $(LnL_{it})t$   | $\beta_{iL}$ | -۰/۰۹۲ | ۰/۰۵۷        | -۱/۶۱   |
| $(LnK_{it})t$   | $\beta_{iK}$ | -۰/۱۹۴ | ۰/۰۴۰        | ۴/۸۲    |
| t   | $\alpha_i$   | -۱/۴۵  | ۰/۳۴         | -۴/۲۵   |



ادامه جدول ۶

|   |       |       |   |               |
|---|-------|-------|---|---------------|
| $\ln Q_{it} = \alpha + \alpha_L \ln L_{it} + \alpha_K \ln K_{it} + \frac{1}{\gamma} \beta_{LL} (\ln L_{it})^\gamma + \frac{1}{\gamma} \beta_{KK} (\ln K_{it})^\gamma + \beta_{LK} (\ln L_{it})(\ln K_{it}) + \beta_{iL} (\ln L_{it})t + \beta_{iK} (\ln K_{it})t + \alpha_i t + \frac{1}{\gamma} \beta_{ii} t^\gamma + (v_{it} - u_{it})$ |       |       |   |               |
| -۳/۸۳   | ۰/۱۹  | -۰/۷۴ | $\beta_{ii}$                                      | $t^2$         |
| ۱۵/۴۱   | ۰/۰۰۶ | ۰/۱۰  | $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$              | sigma-squared |
| ۵/۳۹  | ۰/۰۱۳ | ۰/۷۲  | $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$ | gamma         |
| ۱۶/۶۰   | ۰/۰۳۳ | ۰/۵۵  | $m_{ii}$  | mu            |
| ۱۷/۲۰   | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۵۰ | $\eta$  | eta           |
| log likelihood function = ۳۵۷/۲۲  |       |       |   |               |
| LR test of the one-sided error = ۱۴۶۹/۳۳  |       |       |   |               |
| number of iterations = ۱۹   |       |       |   |               |

منبع: پژوهش جاری

اکنون براساس معادله برآوردی جدول ۶، سطح کارایی تکنیکی بنگاه  $i$  ام در زمان  $t$  به صورت نسبت میانگین تولید به میانگین تولید بالقوه به شکل زیر به دست می‌آید:

$$TE_{it} = \frac{E(Q_{it}/u_{it}, L_{it}, K_{it})}{E(Q_{it}^F/L_{it}, K_{it})} = \exp(-u_{it})$$

در جدول ۷ براساس رابطه TE ارزیابی از کارایی تکنیکی صنایع واقع در کد چهار ISIC ارائه شده است. همان طور که پیش از این بیان شد، کارایی تکنیکی نشان‌دهنده میزان توانایی یک بنگاه در حداکثرسازی تولید با توجه به عوامل تولید مشخص است و یا به عبارتی بیانگر استفاده از حداقل نهاده‌های تولیدی برای تولید یک سطح معین ستاده است. با بررسی جدول ۷ مشاهده می‌شود که صنایع تولید محصولات اساسی مسی، پاک کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی پسته، تولید وسایل نقلیه موتوری و تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی بالاترین سطح کارایی صنعت ایران در سال ۱۳۸۸ را داشته‌اند.

جدول ۷ معرفی صنایع کارخانه‌ای با بالاترین ضریب کارایی فنی

| کد   | صنایع   | ۱۳۷۴  | ۱۳۸۰  | ۱۳۸۸  | تغییرات کارایی |
|------|---|-------|-------|-------|----------------|
| ۲۷۲۱ | تولید محصولات اساسی مسی   | ۰/۶۹  | ۰/۷۶۰ | ۰/۸۱۶ | ۰/۱۲۶          |
| ۱۵۱۸ | پاک کردن و درجه بندی و بسته بندی پسته   | ۰/۶۱  | ۰/۷۰۱ | ۰/۷۶۹ | ۰/۱۵۰          |
| ۳۴۱۰ | تولید وسایل نقلیه موتوری  | ۰/۵۷  | ۰/۶۶۸ | ۰/۷۴۲ | ۰/۱۶۲          |
| ۲۴۱۳ | تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی                                 | ۰/۵۶  | ۰/۶۵۳ | ۰/۷۳۰ | ۰/۱۶۷          |
| ۱۵۳۳ | تولید خوراک دام و حیوانات   | ۰/۵۵۴ | ۰/۶۴۶ | ۰/۷۲۴ | ۰/۱۶۹          |
| ۱۵۱۴ | تولید روغن و چربی حیوانی و نباتی خوراکی   | ۰/۵۲۶ | ۰/۶۲۲ | ۰/۷۰۴ | ۰/۱۷۷          |
| ۲۴۳۰ | تولید الیاف مصنوعی  | ۰/۵۲۵ | ۰/۶۲۱ | ۰/۷۰۳ | ۰/۱۷۷          |
| ۳۲۳۰ | تولید گیرنده‌های تلویزیون و رادیو، دستگاه‌های ضبط یا پخش صوت و ویدئو و کالاهای وابسته | ۰/۵۲۴ | ۰/۶۲۰ | ۰/۷۰۲ | ۰/۱۷۷          |
| ۲۳۲۰ | تولید فراورده‌های نفتی تصفیه شده  | ۰/۴۷۵ | ۰/۵۷۷ | ۰/۶۶۶ | ۰/۱۹۰          |
| ۱۵۵۳ | تولید مالتا و ماءالشعیر   | ۰/۴۶۹ | ۰/۵۷۱ | ۰/۶۶۰ | ۰/۱۹۱          |
| ۲۷۲۲ | تولید محصولات اساسی آلومینیومی  | ۰/۴۵۲ | ۰/۵۵۶ | ۰/۶۴۸ | ۰/۱۹۵          |
| ۱۵۲۰ | تولید فراورده‌های لبنی  | ۰/۴۴۶ | ۰/۵۵۰ | ۰/۶۴۳ | ۰/۱۹۶          |
| ۳۱۳۰ | تولید سیم و کابل عایق بندی شده  | ۰/۴۴۰ | ۰/۵۴۵ | ۰/۶۳۸ | ۰/۱۹۸          |
| ۲۴۱۱ | تولید مواد شیمیایی اساسی بجز کود و ترکیبات ازت  | ۰/۴۴۰ | ۰/۵۴۵ | ۰/۶۳۸ | ۰/۱۹۸          |
| ۲۴۲۴ | تولید صابون، مواد پاک کننده و لوازم بهداشت و نظافت و عطرها و لوازم آرایش              | ۰/۴۱۸ | ۰/۵۲۵ | ۰/۶۲۱ | ۰/۲۰۲          |
| ۲۴۲۱ | تولید سموم دفع آفات و سایر فراورده‌های شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی                | ۰/۴۱۵ | ۰/۵۲۲ | ۰/۶۱۸ | ۰/۲۰۲          |
| ۲۱۰۲ | تولید جعبه، کارتن و سایر وسایل بسته بندی کاغذی و مقوایی                               | ۰/۴۱۳ | ۰/۵۱۹ | ۰/۶۱۶ | ۰/۲۰۳          |
| ۲۶۹۲ | تولید محصولات سرامیکی نسوز-عایق حرارت   | ۰/۴۱۲ | ۰/۵۱۹ | ۰/۶۱۵ | ۰/۲۰۳          |
| 3591 | تولید انواع موتورسیکلت  | ۰/۴۱۰ | ۰/۵۱۷ | ۰/۶۱۴ | ۰/۲۰۴          |
| ۱۵۵۱ | تولید الکل اتیلیک از مواد تخمیر شده   | ۰/۴۰۷ | ۰/۵۱۴ | ۰/۶۱۱ | ۰/۲۰۴          |
| ۳۰۰۰ | تولید ماشین آلات اداری، حسابر و محاسباتی  | ۰/۳۹۴ | ۰/۵۰۳ | ۰/۶۰۱ | ۰/۲۰۶          |
| ۲۴۲۲ | تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش‌های مشابه و بتانه                                   | ۰/۳۹۴ | ۰/۵۰۲ | ۰/۶۰۱ | ۰/۲۰۶          |
| ۲۷۱۰ | تولید محصولات اولیه آهن و فولاد   | ۰/۳۹۲ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۹۹ | ۰/۲۰۷          |



ادامه جدول ۷

| کد   | صنایع   | ۱۳۷۴  | ۱۳۸۰  | ۱۳۸۸  | تغییرات کارایی |
|------|---|-------|-------|-------|----------------|
| ۱۹۱۱ | دباغی و تکمیل چرم   | ۰/۳۸۲ | ۰/۴۹۱ | ۰/۵۹۱ | ۰/۲۰۸          |
| ۲۷۲۳ | تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن و فولاد و مس و آلومینیوم | ۰/۳۸۲ | ۰/۴۹۱ | ۰/۵۹۱ | ۰/۲۰۸          |
| ۲۹۱۳ | تولید یاتاگان و دنده و چرخ دنده و دیفرانسیال                                | ۰/۳۸۱ | ۰/۴۸۹ | ۰/۵۸۹ | ۰/۲۰۸          |
| ۱۵۱۶ | عمل‌آوری و حفاظت گوشت و فراورده‌های گوشتی از فساد                           | ۰/۳۷۹ | ۰/۴۸۸ | ۰/۵۸۸ | ۰/۲۰۹          |
| ۱۷۲۳ | تولید طناب، ریسمان، نخ قند و توری   | ۰/۳۷۶ | ۰/۴۸۵ | ۰/۵۸۶ | ۰/۲۰۹          |
| ۲۳۱۰ | تولید لامپ‌ها، لامپ‌های لوله‌ای الکترونیکی و سایر اجزای الکترونیکی          | ۰/۳۷۵ | ۰/۴۸۴ | ۰/۵۸۵ | ۰/۲۰۹          |

منبع: پژوهش جاری

در جدول ۸ نیز به بررسی صناعی که بیشترین تغییرات کارایی در طی سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۸ را داشته‌اند، اشاره شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، بیشترین تغییرات کارایی در طی این دوره را صنایع تولید ماشین‌آلات عمل‌آوری مواد غذایی و نوشابه و توتون و تنباکو، تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش، تولید تجهیزات بالابرنده و جابه‌جاکننده داشته‌اند.

جدول ۸ معرفی صنایعی که بیشترین تغییرات کارایی را داشته‌اند

| FK   | صنایع  | ۱۳۷۴   | ۱۳۸۸   |
|------|--|--------|--------|
| ۲۹۲۵ | تولید ماشین‌آلات عمل‌آوری مواد غذایی، نوشابه، توتون و تنباکو       | ۰/۳۶۵۰ | ۰/۴۸۳۷ |
| ۲۵۲۰ | تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش                                     | ۰/۳۶۵۴ | ۰/۴۸۴۱ |
| ۲۹۱۵ | تولید تجهیزات بالابرنده و جابه‌جاکننده                             | ۰/۳۶۱۵ | ۰/۴۸۰۲ |
| ۲۶۹۸ | تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی                 | ۰/۳۶۱۱ | ۰/۴۷۹۸ |
| ۲۰۲۹ | تولید سایر محصولات چوبی و تولید کالا از چوب پنبه و نی و مواد حصیری | ۰/۳۶۰۶ | ۰/۴۷۹۳ |
| ۳۶۹۳ | تولید کالاهای ورزشی  | ۰/۳۶۷۰ | ۰/۴۸۵۷ |
| ۱۷۲۶ | تولید فرش ماشینی و موکت  | ۰/۳۶۷۲ | ۰/۴۸۵۹ |
| ۲۹۲۹ | تولید سایر ماشین‌آلات با کاربرد خاص                                | ۰/۳۵۷۳ | ۰/۴۷۶۰ |



ادامه جدول ۸

| ۱۳۸۸   | ۱۳۷۴   | صنایع   | FK   |
|--------|--------|---|------|
| ۰/۴۷۵۸ | ۰/۲۵۷۱ | ریخته‌گری آهن و فولاد                                       | ۲۷۳۱ |
| ۰/۴۷۵۶ | ۰/۲۵۶۹ | تولید سایر محصولات لاستیکی بجز کفش                          | ۲۵۱۹ |
| ۰/۴۷۵۳ | ۰/۲۵۶۶ | تولید محصولات ساخته شده از بتون، سیمان و گچ                 | ۲۶۹۵ |
| ۰/۴۷۳۹ | ۰/۲۵۵۲ | جوراب‌بافی  | ۱۷۳۲ |
| ۰/۴۹۱۲ | ۰/۲۷۲۵ | کتشپافی و تریکوبافی و قلاب‌بافی                             | ۱۷۳۱ |
| ۰/۴۷۲۷ | ۰/۲۵۴۰ | تولید محصولات شیشه‌ای بجز شیشه جام                          | ۲۶۱۲ |
| ۰/۴۹۲۳ | ۰/۲۷۳۶ | تولید پمپ، کمپرسور، شیر و سوپاپ                             | ۲۹۱۲ |
| ۰/۴۷۱۹ | ۰/۲۵۳۳ | تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر | ۲۶۹۹ |
| ۰/۴۹۳۹ | ۰/۲۷۵۳ | تولید وسایل بازی و اسباب‌بازی                               | ۳۶۹۴ |
| ۰/۴۹۴۵ | ۰/۲۷۵۹ | تولید ظروف و محفظه‌های چوبی                                 | ۲۰۲۳ |
| ۰/۴۶۸۲ | ۰/۲۴۹۷ | بازیافت ضایعات و خرده‌های غیر فلز                           | ۳۷۲۰ |
| ۰/۴۶۷۱ | ۰/۲۴۸۵ | تولید کالاهای نساجی ساخته شده به استثنای پوشاک              | ۱۷۲۱ |
| ۰/۴۶۶۸ | ۰/۲۴۸۳ | تولید ماشین ابزارها   | ۲۹۲۲ |
| ۰/۴۹۷۹ | ۰/۲۷۹۳ | تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آن‌ها  | ۲۴۳۰ |
| ۰/۴۶۶۸ | ۰/۲۴۸۳ | تولید گلیم، زیلو، جاجیم دستباف                              | ۱۷۲۵ |
| ۰/۴۹۹۷ | ۰/۲۸۱۳ | سایر انتشارات   | ۲۲۱۹ |
| ۰/۴۶۴۷ | ۰/۲۴۶۲ | تولید سایر محصولات فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر          | ۲۸۹۹ |
| ۰/۵۰۰۲ | ۰/۲۸۱۷ | تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق                    | ۳۱۲۰ |
| ۰/۵۰۰۳ | ۰/۲۸۱۸ | تولید سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر               | ۲۶۹۹ |
| ۰/۵۰۱۱ | ۰/۲۸۲۶ | تولید لامپ‌های الکتریکی و تجهیزات روشنایی                   | ۳۱۵۰ |

منبع: پژوهش جاری

## ۶- نتیجه‌گیری

سؤال اصلی در این مقاله آن است که صنایع ایران چه شرایطی از جهت کارایی دارا می‌باشند. در راستای پاسخ به این سؤال کارایی تکنیکی (TE) بر مبنای روش پارامتریک و رویکرد مرزی تصادفی (SFA) با استفاده از تابع حداکثر درست‌نمایی داده‌های تلفیقی مورد برآورد قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده آن است که:

- ۱- صنایع تولید محصولات اساسی مسی، پاک کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی پسته، تولید وسایل نقلیه موتوری و تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی بالاترین سطح کارایی در صنعت ایران در سال ۱۳۸۸ را داشته‌اند.
- ۲- بیشترین تغییرات کارایی در طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۸ را صنایع تولید ماشین‌آلات عمل‌آوری مواد غذایی و نوشابه و توتون و تنباکو، تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش، تولید تجهیزات بالا برنده و جابه‌جاکننده داشته‌اند.
- ۳- نتایج برآوردی در مدل ترانسلوگ نشان‌دهنده آن است که در این مدل تغییرات تکنولوژی غیر خنثی است.
- ۴- نتیجه آزمون‌های بررسی شده در این تحقیق نشان می‌دهد که توزیع  $U$  نرمال منقطع بوده و همچنین ناکارایی نیز در طی زمان تغییر می‌کند.

## ۷. پی نوشت

1. Technical efficiency
2. Allocative efficiency
3. Economic efficiency cover all efficiency
4. Cost efficiency
5. Stochastic Frontier Analysis (SFA)
6. Aigner, Lovell and Schmidt
7. Envelope curve
8. Efficiency
9. Productivity
10. Econometric frontier approach
11. Evolution of frontier efficiency
12. Battese and Coelli
13. Truncation of The Normal distribution

## ۸- منابع

- [1] Farrell M.; "The measurement of productive efficiency"; *Journal of Royal Statistical Society*, pp. 253-281, 1957.
- [2] S. A. N. Mirghafor H.; "Financial performance evaluation with data

- envelopment analysis approach"; *Manegment Research in Iran*, pp. 189-205, 2012.
- [3] D. J. A. S. F. C. Aigner; "Estimating the industry production function"; *American Economic Review*, pp. 826-39, 1968.
- [4] D. C. L. A. P. S. Aigner; "Formulation and estimation of stochastic frontier production function Models"; *Journal of Econometrics*, pp. 21-37, 1977.
- [5] E. R. A. W. D. O. Berndt; "U.S. manufacturing output and factor input price and quantity series, 1908-1947 and 1947-1981"; *Massachusetts Institute of Technology, Energy Laboratory Working Paper 86-01 OWE*, 1986.
- [6] C. Lovell and P. T. A. L. W. S. Richardson; "Resources and functioning: A new view of inequalities in Australia"; *Department of Economics, University of North-Carolina, Working paper series 90-8.*, 1990.
- [7] T. Coelli; "A guide to Frontier, Version 4.1: A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation"; *Department of Econometrics, University of New England, Armidale, NSW, Australia.*, 1994.
- [8] S. A. F. J. Basu; "Are apparent productive spillovers a figment of specification error?"; *Journal of Monetary Economics*, pp. 165-88, 1995.
- [9] G. A. C. T. Battese; "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function and panel data"; *Empirical Economics*, pp. 325-332, 1995.
- [10] T. A. S. P. Coelli; "A comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to european railways"; *European Journal of Operational Research*, pp. 326-339, 1999.
- [11] L. A. P. W. W. Simar; "Inference from cross-section, stochastic frontier models"; *Econometric Reviews*, pp. 62-98, 2009.
- [12] W. A. C. P. Horrace; "Semiparametric deconvolution with unknown error

variance"; *Journal of Productivity Analysis*, pp. 129-141, 2011.

- [13] O. D. J. H. A. S. C. K. Badunenko; "When, where and how to perform efficiency estimation"; *Journal of the Royal Statistical Society Series A*, pp. 863-892, 2012.
- [14] S. C. P. A. E. T. Kumbhakar; "A zero inefficiency stochastic frontier estimator"; *Journal of Econometrics*, pp. 66-76, 2013.
- [15] C. T. A. Harvie.C.; "Technical efficiency of Thai manufacturing SMEs: A stochastic frontier Analysis"; *Australasian Accounting Business and Finance Journal*, pp. 99-121, 2013.
- [16] Z. B. E. M. Momeni M.; "Productivity analysis of production system via a simulation model"; *Management Research in Iran*, pp. 230-211, 2006.

## ۹- ضمیمه

جدول ۹ میزان کارایی (TE) صنایع ایران

| ۱۳۸۸   | ۱۳۸۰   | ۱۳۷۴   | صنعت   | FK   |
|--------|--------|--------|--|------|
| ۰/۵۴۴۵ | ۰/۴۳۹۵ | ۰/۳۲۹۰ | عمل‌آوری و حفاظت ماهی و فراورده‌های ماهی و سایر حیوانات دریایی از فساد | ۱۵۱۲ |
| ۰/۷۰۴۲ | ۰/۶۲۲۴ | ۰/۵۳۶۸ | تولید روغن و چربی حیوانی و نباتی خوراکی                                | ۱۵۱۴ |
| ۰/۵۶۴۹ | ۰/۴۶۲۰ | ۰/۳۵۲۰ | کشتار دام و طیور   | ۱۵۱۵ |
| ۰/۵۸۸۹ | ۰/۴۸۸۷ | ۰/۳۷۹۸ | عمل‌آوری و حفاظت گوشت و فراورده‌های گوشتی از فساد                      | ۱۵۱۶ |
| ۰/۵۰۲۸ | ۰/۳۹۴۶ | ۰/۲۸۴۴ | پاک‌کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی خرما                                  | ۱۵۱۷ |
| ۰/۷۶۹۳ | ۰/۷۰۱۵ | ۰/۶۱۹۳ | پاک‌کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی پسته                                  | ۱۵۱۸ |
| ۰/۵۵۱۷ | ۰/۴۴۷۴ | ۰/۳۳۷۱ | عمل‌آوری و حفاظت میوه‌ها و سبزی‌ها از فساد- بجز پسته و خرما            | ۱۶۱۹ |
| ۰/۶۴۳۰ | ۰/۵۵۰۴ | ۰/۴۴۶۱ | تولید فراورده‌های لبنی   | ۱۵۲۰ |
| ۰/۲۷۵۵ | ۰/۱۷۴۹ | ۰/۰۹۴۶ | آماده‌سازی و آردکردن غلات و حبوب                                       | ۱۵۳۱ |
| ۰/۵۷۸۳ | ۰/۴۷۶۸ | ۰/۳۶۷۴ | تولید نشاسته و فراورده‌های نشاسته‌ای                                   | ۱۵۳۲ |
| ۰/۷۲۴۳ | ۰/۶۴۶۶ | ۰/۵۵۴۷ | تولید خوراک دام و حیوانات  | ۱۵۳۳ |

ادامه جدول ۹

| ۱۳۸۸   | ۱۳۸۰   | ۱۳۷۴   | صنعت  | FK   |
|--------|--------|--------|---|------|
| ۰/۵۰۸۸ | ۰/۴۰۱۰ | ۰/۲۹۰۶ | تولید قند و شکر                                     | ۱۵۴۲ |
| ۰/۵۴۵۷ | ۰/۴۴۰۸ | ۰/۳۳۰۴ | تولید آب نبات و شکلات و نقل و کاکائو و آدامس        | ۱۵۴۳ |
| ۰/۵۰۸۴ | ۰/۴۰۰۶ | ۰/۲۹۰۳ | تولید رشته و ماکارونی و ورمیشل و محصولات آردی مشابه | ۱۵۴۴ |
| ۰/۴۱۲۷ | ۰/۳۰۲۱ | ۰/۱۹۸۲ | نانوایی   | ۱۵۴۵ |
| ۰/۴۶۰۴ | ۰/۳۵۰۳ | ۰/۲۴۲۱ | تولید نان شیرینی و بیسکویت و کیک                    | ۱۷۴۶ |
| ۰/۴۳۶۶ | ۰/۳۲۶۰ | ۰/۲۱۹۶ | چای‌سازی  | ۱۵۴۷ |
| ۰/۵۱۰۷ | ۰/۴۰۳۰ | ۰/۲۹۲۶ | تولید سایر محصولات غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر | ۱۵۴۸ |
| ۰/۶۱۱۶ | ۰/۵۱۴۳ | ۰/۴۰۷۰ | تولید الکل اتیلیک از مواد تخمیر شده                 | ۱۵۵۱ |
| ۰/۶۶۰۹ | ۰/۵۷۱۲ | ۰/۴۶۹۰ | تولید مالتا و ماء‌الشعیر                            | ۱۵۵۳ |
| ۰/۵۴۶۱ | ۰/۴۴۱۳ | ۰/۳۳۰۹ | تولید نوشابه‌های غیرالکلی گازدار                    | ۱۵۵۵ |
| ۰/۵۴۴۷ | ۰/۴۳۹۸ | ۰/۳۲۹۳ | تولید دوغ گازدار و آب معدنی                         | ۱۵۵۶ |
| ۰/۵۳۷۵ | ۰/۴۳۱۹ | ۰/۳۲۱۴ | تولید محصولات از توتون و تنباکو - سیگار             | ۱۶۰۰ |
| ۰/۳۶۸۱ | ۰/۲۵۸۸ | ۰/۱۶۰۷ | آماده‌سازی و ریسندگی الیاف منسوج - بافت منسوجات     | ۱۷۱۱ |
| ۰/۳۲۰۸ | ۰/۲۱۴۸ | ۰/۱۲۴۹ | تکمیل منسوجات                                       | ۱۷۱۲ |
| ۰/۴۶۷۱ | ۰/۳۵۷۲ | ۰/۲۴۸۵ | تولید کالاهای نساجی ساخته شده به استثنای پوشاک      | ۱۷۲۱ |
| ۰/۵۸۶۲ | ۰/۴۸۵۷ | ۰/۳۷۶۶ | تولید طناب، ریسمان، نخ قند و توری                   | ۱۷۲۳ |
| ۰/۳۲۵۵ | ۰/۲۱۹۱ | ۰/۱۲۸۳ | تولید قالی و قالیچه دستباف                          | ۱۷۲۴ |
| ۰/۴۶۶۸ | ۰/۳۵۶۹ | ۰/۲۴۸۳ | تولید گلیم و زیلو و جاجیم دستباف                    | ۱۷۲۵ |
| ۰/۴۸۵۹ | ۰/۳۷۶۸ | ۰/۲۶۷۲ | تولید فرش ماشینی و موکت                             | ۱۷۲۶ |
| ۰/۵۰۸۹ | ۰/۴۰۱۲ | ۰/۲۹۰۸ | تولید سایر منسوجات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر       | ۱۷۲۹ |
| ۰/۴۹۱۲ | ۰/۳۸۲۳ | ۰/۲۷۲۵ | کشبافی و تریکوبافی و قلاببافی                       | ۱۷۳۱ |
| ۰/۴۷۹۳ | ۰/۳۶۴۲ | ۰/۲۵۵۲ | جوراببافی   | ۱۷۳۲ |
| ۰/۴۲۴۰ | ۰/۳۱۳۴ | ۰/۲۰۸۲ | تولید پوشاک به استثنای پوشاک از پوست خردار          | ۱۸۱۰ |
| ۰/۵۹۱۵ | ۰/۴۹۱۶ | ۰/۳۸۲۸ | دباغی و تکمیل چرم                                   | ۱۹۱۱ |
| ۰/۵۱۴۲ | ۰/۴۰۶۷ | ۰/۲۹۶۳ | تولید کیف و چمدان و محصولات مشابه و زین و یراق      | ۱۹۱۲ |
| ۰/۴۴۳۸ | ۰/۳۳۳۳ | ۰/۲۲۶۳ | تولید کفش   | ۱۹۲۰ |
| ۰/۴۳۹۲ | ۰/۳۲۸۷ | ۰/۲۲۲۱ | اره‌کشی و رنده‌کاری چوب                             | ۲۰۱۰ |



ادامه جدول ۹

| ۱۳۸۸   | ۱۳۸۰   | ۱۳۷۴   | صنعت   | FK   |
|--------|--------|--------|--|------|
| ۰/۵۱۷۱ | ۰/۴۰۹۹ | ۰/۲۹۹۴ | تولید ورق‌های روکش شده و تخته چندلایی، مطبق، نئوپان و سایر انواع پانل و تخته | ۲۰۲۱ |
| ۰/۴۴۴۷ | ۰/۳۳۴۳ | ۰/۲۲۷۲ | تولید مصنوعات نجاری، قفسه و در و پنجره‌سازی چوبی ساختمانی                    | ۲۰۲۲ |
| ۰/۴۹۴۵ | ۰/۳۸۵۸ | ۰/۲۷۵۹ | تولید ظروف و محفظه‌های چوبی  | ۲۰۲۳ |
| ۰/۴۷۹۳ | ۰/۳۶۹۹ | ۰/۲۶۰۶ | تولید سایر محصولات چوبی و تولید کالا از چوب‌پنبه، نی و مواد حصیری            | ۲۰۲۹ |
| ۰/۵۲۹۷ | ۰/۴۲۳۵ | ۰/۳۱۲۹ | تولید خمیر کاغذ، کاغذ و مقوا   | ۲۱۰۱ |
| ۰/۶۱۶۵ | ۰/۵۱۹۹ | ۰/۴۱۳۰ | تولید جعبه، کارتن و سایر وسایل بسته‌بندی کاغذی و مقوایی                      | ۲۱۰۲ |
| ۰/۵۴۷۹ | ۰/۴۴۳۳ | ۰/۳۳۲۹ | تولید سایر کالاهای کاغذی و مقوایی  | ۲۱۰۹ |
| ۰/۵۳۱۱ | ۰/۴۲۵۰ | ۰/۳۱۴۴ | انتشار کتاب و بروشور و کتاب‌های موسیقی و سایر نشریات                         | ۲۲۱۱ |
| ۰/۳۶۸۷ | ۰/۲۵۹۴ | ۰/۱۶۱۳ | انتشار روزنامه، مجله و نشریه‌های ادواری                                      | ۲۲۱۲ |
| ۰/۴۹۹۷ | ۰/۳۹۱۴ | ۰/۲۸۱۳ | سایر انتشارات  | ۲۲۱۹ |
| ۰/۴۲۶۶ | ۰/۳۱۱۰ | ۰/۲۰۶۱ | چاپ  | ۲۲۲۱ |
| ۰/۴۱۲۹ | ۰/۳۰۲۳ | ۰/۱۹۸۴ | فعالیت‌های خدماتی مربوط به چاپ   | ۲۲۲۲ |
| ۰/۵۱۸۱ | ۰/۴۱۱۰ | ۰/۳۰۰۵ | تولید فراورده‌های کوره کک  | ۲۳۱۰ |
| ۰/۶۶۶۱ | ۰/۵۷۷۳ | ۰/۴۷۵۸ | تولید فراورده‌های نفتی تصفیه شده   | ۲۳۲۰ |
| ۰/۶۳۸۵ | ۰/۵۴۵۱ | ۰/۴۴۰۳ | تولید مواد شیمیایی اساسی بجز کود و ترکیبات ازت                               | ۲۴۱۱ |
| ۰/۵۷۶۵ | ۰/۴۷۴۹ | ۰/۳۶۵۳ | تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت  | ۲۴۱۲ |
| ۰/۷۳۰۰ | ۰/۶۵۳۵ | ۰/۵۶۲۷ | تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی                        | ۲۴۱۳ |
| ۰/۶۱۸۹ | ۰/۵۲۲۷ | ۰/۴۱۵۹ | تولید سموم دفع آفات و سایر فراورده‌های شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی       | ۲۴۲۱ |
| ۰/۶۰۱۵ | ۰/۵۰۲۹ | ۰/۳۹۴۸ | تولید انواع رنگ، روغن جلا و پوشش‌های مشابه و بتانه                           | ۲۴۲۲ |
| ۰/۵۲۸۷ | ۰/۴۲۲۴ | ۰/۳۱۱۹ | تولید دارو و مواد شیمیایی مورد استفاده در پزشکی و محصولات دارویی گیاهی       | ۲۴۲۳ |
| ۰/۶۲۱۱ | ۰/۵۲۵۲ | ۰/۴۱۸۶ | تولید صابون، مواد پاک‌کننده و لوازم بهداشت و نظافت و عطرها و لوازم آرایش     | ۲۴۲۴ |
| ۰/۵۵۲۶ | ۰/۴۴۸۴ | ۰/۳۳۸۱ | تولید سایر محصولات شیمیایی طبقه بندی نشده در جای دیگر                        | ۲۴۲۹ |

ادامه جدول ۹

| ۱۳۸۸   | ۱۳۸۰   | ۱۳۷۴   | صنعت  | FK   |
|--------|--------|--------|---|------|
| ۰/۷۰۳۳ | ۰/۶۲۱۳ | ۰/۵۲۵۶ | تولید الیاف مصنوعی  | ۲۴۳۰ |
| ۰/۵۷۱۵ | ۰/۴۶۹۳ | ۰/۳۵۹۵ | تولید لاستیک رویی و تویی و روکش کردن مجدد و بازسازی لاستی<br>کهای رویی      | ۲۵۱۱ |
| ۰/۴۷۵۶ | ۰/۳۶۶۰ | ۰/۲۵۶۹ | تولید سایر محصولات لاستیکی بجز کفش  | ۲۵۱۹ |
| ۰/۴۸۴۱ | ۰/۳۷۴۹ | ۰/۲۶۵۴ | تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش  | ۲۵۲۰ |
| ۰/۵۴۳۹ | ۰/۴۳۸۹ | ۰/۳۲۸۴ | تولید شیشه جام  | ۲۶۱۱ |
| ۰/۴۷۲۷ | ۰/۳۶۳۰ | ۰/۲۵۴۰ | تولید محصولات شیشه‌ای بجز شیشه جام  | ۲۶۱۲ |
| ۰/۴۰۱۴ | ۰/۲۹۱۰ | ۰/۱۸۸۳ | تولید کالاهای سرامیکی غیر نسوز غیر ساختمانی                                 | ۲۶۹۱ |
| ۰/۶۱۵۹ | ۰/۵۱۹۲ | ۰/۴۱۲۳ | تولید محصولات سرامیکی نسوز- عایق حرارت                                      | ۲۶۹۲ |
| ۰/۴۷۵۳ | ۰/۳۶۵۷ | ۰/۲۵۶۶ | تولید محصولات ساخته شده از بتون، سیمان و گچ                                 | ۲۶۹۵ |
| ۰/۴۴۱۸ | ۰/۳۳۱۳ | ۰/۲۲۴۵ | بریدن، شکل دادن و تکمیل سنگ   | ۲۶۹۶ |
| ۰/۴۷۹۸ | ۰/۳۷۰۴ | ۰/۲۶۱۱ | تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی                          | ۲۶۹۸ |
| ۰/۴۷۱۹ | ۰/۳۶۲۲ | ۰/۲۵۳۳ | تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر                 | ۲۶۹۹ |
| ۰/۵۹۹۳ | ۰/۵۰۰۴ | ۰/۳۹۲۱ | تولید محصولات اولیه آهن و فولاد   | ۲۷۱۰ |
| ۰/۸۱۶۲ | ۰/۷۶۰۰ | ۰/۶۹۰۲ | تولید محصولات اساسی مسی   | ۲۷۲۱ |
| ۰/۶۴۸۳ | ۰/۵۵۶۶ | ۰/۴۵۲۹ | تولید محصولات اساسی آلومینیومی  | ۲۷۲۲ |
| ۰/۵۹۱۱ | ۰/۴۹۱۲ | ۰/۳۸۲۴ | تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی- بجز آهن، فولاد، مس و<br>آلومینیوم | ۲۷۲۳ |
| ۰/۴۷۵۸ | ۰/۳۶۶۲ | ۰/۲۵۷۱ | ریخته‌گری آهن و فولاد   | ۲۷۳۱ |
| ۰/۵۲۰۰ | ۰/۴۱۳۰ | ۰/۳۰۲۵ | ریخته‌گری فلزات غیر آهنی  | ۲۷۳۲ |
| ۰/۵۲۶۳ | ۰/۴۱۹۸ | ۰/۳۰۹۲ | تولید محصولات فلزی ساختمانی   | ۲۸۱۱ |
| ۰/۵۰۲۷ | ۰/۳۹۴۵ | ۰/۲۸۴۳ | تولید مخازن و انبارها و ظروف فلزی مشابه                                     | ۲۸۱۲ |
| ۰/۵۷۸۳ | ۰/۴۷۶۸ | ۰/۳۶۷۴ | چکش‌کاری، پرس‌کاری، قالب‌زنی و پتک‌کاری غلتکی فلزات و متالوژی<br>گردها      | ۲۸۹۱ |
| ۰/۴۴۸۱ | ۰/۳۳۷۷ | ۰/۲۳۰۴ | عمل‌آوری و روکش کردن فلزات و فعالیت‌های مهندسی مکانیک عمومی                 | ۲۸۹۲ |
| ۰/۴۵۹۹ | ۰/۳۴۹۸ | ۰/۲۴۱۶ | تولید آلات برنده، ابزار دستی و یراق‌آلات عمومی                              | ۲۸۹۳ |
| ۰/۴۶۴۷ | ۰/۳۵۴۷ | ۰/۲۴۶۲ | تولید سایر محصولات فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر                          | ۲۸۹۹ |



ادامه جدول ۹

| ۱۳۸۸   | ۱۳۸۰   | ۱۳۷۴   | صنعت   | FK   |
|--------|--------|--------|--|------|
| ۰/۵۷۵۸ | ۰/۴۷۴۱ | ۰/۳۶۴۵ | تولید موتور و توربین- بجز موتورهای هواپیما و وسایل نقلیه و موتورهای دوچرخه و سه‌چرخه | ۲۹۱۱ |
| ۰/۴۹۲۳ | ۰/۳۸۳۵ | ۰/۲۷۳۶ | تولید پمپ، کمپرسور، شیر و سوپاپ  | ۱۹۱۲ |
| ۰/۵۸۹۹ | ۰/۴۸۹۹ | ۰/۳۸۱۰ | تولید یاتاقان، دنده، چرخ‌دنده و دیفرانسیال   | ۲۹۱۳ |
| ۰/۵۱۷۷ | ۰/۴۱۰۵ | ۰/۳۰۰۰ | تولید اجاق، کوره و مشعل‌های کوره   | ۱۹۱۴ |
| ۰/۴۸۰۲ | ۰/۳۷۰۹ | ۰/۲۶۱۵ | تولید تجهیزات بالا برنده و جابه‌جاکننده  | ۲۹۱۵ |
| ۰/۵۲۴۲ | ۰/۴۱۷۵ | ۰/۳۰۷۰ | تولید سایر ماشین‌آلات با کاربرد عام  | ۲۹۱۹ |
| ۰/۵۶۱۱ | ۰/۴۵۷۷ | ۰/۳۴۷۶ | تولید ماشین‌آلات کشاورزی و جنگلداری  | ۲۹۲۱ |
| ۰/۴۶۶۸ | ۰/۳۵۶۹ | ۰/۲۴۸۳ | تولید ماشین ابزارها  | ۲۹۲۲ |
| ۰/۵۱۵۰ | ۰/۴۰۷۶ | ۰/۲۹۷۲ | تولید ماشین‌آلات متالورژی- ذوب فلزات   | ۲۶۲۳ |
| ۰/۵۱۲۰ | ۰/۴۰۴۴ | ۰/۲۹۴۰ | تولید ماشین‌آلات معدن و استخراج و ساختمان  | ۲۹۲۴ |
| ۰/۴۸۳۷ | ۰/۳۷۴۵ | ۰/۲۶۵۰ | تولید ماشین‌آلات عمل‌آوری مواد غذایی، نوشابه، توتون و تنباکو                         | ۲۹۲۵ |
| ۰/۵۰۲۷ | ۰/۳۹۴۵ | ۰/۲۸۴۳ | تولید ماشین‌آلات برای ساخت منسوجات، البسه و چرم                                      | ۲۹۲۶ |
| ۰/۴۷۶۰ | ۰/۳۶۶۵ | ۰/۲۵۷۳ | تولید سایر ماشین‌آلات با کاربرد خاص  | ۲۹۲۹ |
| ۰/۵۲۶۲ | ۰/۴۱۹۷ | ۰/۳۰۹۱ | تولید وسایل خانگی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر   | ۲۹۳۰ |
| ۰/۶۰۱۶ | ۰/۵۰۳۰ | ۰/۳۹۴۹ | تولید ماشین‌آلات اداری، حسابدگر و محاسباتی   | ۳۰۰۰ |
| ۰/۵۳۵۸ | ۰/۴۳۰۱ | ۰/۳۱۹۵ | تولید موتورهای برق، ژنراتور و ترانسفورماتور  | ۳۱۱۰ |
| ۰/۵۰۰۲ | ۰/۳۹۱۸ | ۰/۲۸۱۷ | تولید دستگاه‌های توزیع و کنترل نیروی برق   | ۳۱۲۰ |
| ۰/۶۳۸۷ | ۰/۵۴۵۴ | ۰/۴۴۰۶ | تولید سیم و کابل عایق‌بندی شده   | ۳۱۳۰ |
| ۰/۵۷۵۷ | ۰/۴۷۳۹ | ۰/۳۶۴۳ | تولید انبارها، پیل‌ها و باتری‌های اولیه  | ۳۱۴۰ |
| ۰/۵۰۱۱ | ۰/۳۹۲۸ | ۰/۲۸۲۶ | تولید لامپ‌های الکتریکی و تجهیزات روشنایی  | ۳۱۵۰ |
| ۰/۵۱۹۹ | ۰/۴۱۲۸ | ۰/۳۰۲۳ | تولید سایر تجهیزات الکتریکی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر                               | ۳۱۹۰ |
| ۰/۵۸۵۰ | ۰/۴۸۴۳ | ۰/۳۷۵۲ | تولید لامپ‌ها، لامپ‌های لوله‌ای الکترونیکی و سایر اجزای الکترونیکی                   | ۳۲۱۰ |
| ۰/۵۴۸۶ | ۰/۴۴۴۱ | ۰/۳۳۳۷ | تولید فرستنده‌های تلویزیونی و رادیویی و دستگاه‌های مخصوص سیستم‌های ارتباطی و تلگرافی | ۳۲۲۰ |
| ۰/۷۰۲۷ | ۰/۶۲۰۶ | ۰/۵۲۴۸ | تولید گیرنده‌های تلویزیون و رادیو، دستگاه‌های ضبط یا پخش صوت، ویدئو و کالاهای وابسته | ۳۲۳۰ |



ادامه جدول ۹

| ۱۳۸۸   | ۱۳۸۰   | ۱۳۷۴   | صنعت  | FK   |
|--------|--------|--------|---|------|
| ۰/۴۵۷۵ | ۰/۳۴۷۳ | ۰/۲۲۹۳ | تولید تجهیزات پزشکی و جراحی و وسایل ارتوپدی   | ۳۳۱۱ |
| ۰/۵۲۹۸ | ۰/۴۲۳۶ | ۰/۳۱۳۰ | تولید ابزار و وسایل ویژه اندازه‌گیری، کنترل و آزمایش و دریاوردی و مقاصد دیگر بجز تجهیزات کنترل عملیات صنعتی | ۳۳۱۲ |
| ۰/۵۲۱۳ | ۰/۴۱۴۴ | ۰/۳۰۳۸ | تولید تجهیزات کنترل عملیات صنعتی  | ۳۳۱۳ |
| ۰/۵۳۱۰ | ۰/۴۲۴۹ | ۰/۳۱۴۳ | تولید ساعت‌های مچی و انواع دیگر ساعت  | ۳۳۳۰ |
| ۰/۷۴۲۰ | ۰/۶۶۸۰ | ۰/۵۷۹۷ | تولید وسایل نقلیه موتوری  | ۳۴۱۰ |
| ۰/۵۳۲۷ | ۰/۴۲۶۷ | ۰/۳۱۶۱ | تولید بدنه- اتاق‌سازی- برای وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم تریلر                                     | ۳۴۲۰ |
| ۰/۴۹۷۹ | ۰/۳۸۹۴ | ۰/۲۷۹۳ | تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آن‌ها  | ۳۴۳۰ |
| ۰/۴۵۵۹ | ۰/۳۴۵۶ | ۰/۲۲۷۷ | تولید و تعمیر انواع کشتی  | ۳۵۱۱ |
| ۰/۵۱۳۷ | ۰/۴۰۶۲ | ۰/۲۹۵۸ | تولید و تعمیر انواع قایق و سایر شناورها بجز کشتی  | ۳۵۱۲ |
| ۰/۴۲۵۸ | ۰/۳۱۵۱ | ۰/۲۰۹۸ | تولید و تعمیر تجهیزات راه‌آهن   | ۳۵۲۰ |
| ۰/۶۱۴۰ | ۰/۵۱۷۱ | ۰/۴۱۰۰ | تولید انواع موتورسیکلت  | ۳۵۹۱ |
| ۰/۵۳۵۷ | ۰/۴۲۹۹ | ۰/۳۱۹۴ | تولید انواع دوچرخه و صندوق چرخدار معلولان   | ۳۵۹۲ |
| ۰/۵۶۹۹ | ۰/۴۶۷۵ | ۰/۳۵۷۷ | تولید سایر وسایل حمل‌ونقل طبقه‌بندی نشده در جای دیگر  | ۳۵۹۹ |
| ۰/۴۴۵۱ | ۰/۳۳۴۶ | ۰/۲۲۷۵ | تولید مبلمان  | ۳۶۱۰ |
| ۰/۴۳۸۴ | ۰/۳۲۷۸ | ۰/۲۲۱۳ | تولید جواهرات و کالاهای وابسته  | ۳۶۹۱ |
| ۰/۴۸۵۷ | ۰/۳۷۶۶ | ۰/۲۶۷۰ | تولید کالاهای ورزشی   | ۳۶۹۳ |
| ۰/۴۹۳۹ | ۰/۳۸۵۲ | ۰/۲۷۵۳ | تولید وسایل بازی و اسباب‌بازی   | ۳۶۹۴ |
| ۰/۵۰۰۳ | ۰/۳۹۱۹ | ۰/۲۸۱۸ | تولید سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر   | ۳۶۹۹ |
| ۰/۴۶۸۲ | ۰/۳۵۸۴ | ۰/۲۴۹۷ | بازیافت ضایعات و خرده‌های غیر فلز   | ۳۷۲۰ |

منبع: پژوهش جاری