

بررسی ناکارایی تکنیکی در زیر بخش های عمده صنعت ایران (مطالعه با استفاده از داده های تابلویی*)

لیلا فریور**

توابع تولید مرزی / کارایی تکنیکی / بخش صنعت / ایران / داده های تابلویی

چکیده

در این مقاله با استفاده از آمار و اطلاعات کارگاه های صنعتی دارای ده نفر کارکن و بیشتر طی سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸، توابع تولید مرزی تصادفی برای بخش صنعت و شش زیربخش عمده آن برآورد شده و با استفاده از این توابع، میزان ناکارایی تکنیکی در هر یک از این زیربخش ها محاسبه شده است، به این ترتیب تصویری مقایسه ای از کارایی تکنیکی صنایع به دست می آید. علاوه بر آن در این مطالعه، کارایی تکنیکی در زمان، متغیر فرض شده که در نتیجه روند تغییرات زمانی ناکارایی بخش صنعت و زیربخش های آن در طی دوره زمانی مورد نظر نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

* این مقاله براساس پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده، تحت عنوان "بررسی ناکارایی تکنیکی در صنایع کشور براساس برآورد توابع تولید مرزی تصادفی با استفاده از روش تحلیل داده های تابلویی" که به راهنمایی دکتر محمد طیبیان، مشاوره دکتر مسعود نیلی و داوری دکتر مهدی عسلی در مهرماه ۱۳۸۱ در موسسه عالی پژوهش در برنامه ریزی و توسعه به اتمام رسیده، تهیه شده است.

** کارشناس ارشد موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

توسعه بخش صنعت به منظور دستیابی به توسعه اقتصادی، همواره یکی از اهداف مؤکد برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران کلان نظام اقتصادی - کشور بوده است. با نگاهی کلی به برنامه‌های تدوین شده برای بخش صنعت دیده می‌شود که وجه غالب در این برنامه‌ها حمایت از صنعت به شیوه‌های مختلف از قبیل اعطای انواع یارانه‌های ارزی و ریالی، فراهم ساختن بازارهای تضمین شده مصرف داخلی، معافیت‌های مالیاتی و غیره بوده است. اما با توجه به بحث‌های موجود در فضای اقتصادی کشور به نظر می‌رسد که علیرغم این حمایت‌ها، رضایت‌چندانی از عملکرد این بخش وجود ندارد.

به منظور در دست داشتن معیاری کمی از عملکرد بخش صنعت کشور، کارایی تکنیکی^۱ بخش‌های مختلف صنعت در این مقاله برآورد می‌شود. کارایی تکنیکی معیاری است که نشان می‌دهد صنایع مختلف تا چه میزان به حداکثر تولید قابل حصول از میزان مشخصی از نهاده‌ها نزدیک شده‌اند. این حداکثر تولید با تخمین توابع تولید مرزی تصادفی^۲ برای کل بخش صنعت در مرحله اول و برای هر یک از زیربخش‌های عمده آن در مرحله بعد، مشخص می‌شود.

لازم به ذکر است که به دلیل وجود محدودیت‌های آماری، در این مقاله صنایع کشور به تفکیک نوع مالکیت در نظر گرفته نشده‌اند. به عبارت دیگر کارایی تکنیکی برای تمامی بنگاه‌های صنعتی فعال در زیربخش‌های عمده صنعت، بدون توجه به عمومی یا خصوصی بودن آنها محاسبه می‌شود. برآورد میزان کارایی تکنیکی صنایع کشور بدون تفکیک مالکیتی، می‌تواند با انتقاداتی منطقی همراه باشد که دلیل این امر وجود محدودیت‌های آماری بوده است.

از طرفی در این مقاله دلایل وجود اختلاف در میزان کارایی تکنیکی در صنایع کشور مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. طبعاً مجموعه‌ای از عوامل بر میزان کارایی تکنیکی در هر یک از زیربخش‌های صنعت مؤثر هستند که در این مقاله برآیند اثر این عوامل بر میزان کارایی تکنیکی در هر یک از زیربخش‌های صنعت مؤثر هستند که در این مقاله برآیند اثر این

1. Technical Efficiency
2. Stochastic Frontier Production Function

عوامل در سطوح مختلف کارایی تکنیکی در صنایع کشور مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

۱. الگوسازی و محاسبه میزان کارایی

محاسبه کارایی بر پایه تخمین یک تابع مرزی استوار است. از زمانی که فارل^۳ مبحث ناکارایی را در مقایسه با مرز تولید مطرح نمود، مطالعات بسیاری در خصوص محاسبه انواع ناکارایی در رابطه با توابع مرزی انجام شده است. فارل ناکارایی را به دو جزء تخصیصی^۴ و تکنیکی^۵ تقسیم می‌کند. ناکارایی تخصیصی به صورت قصور در انتخاب ترکیب بهینه نهاده‌ها تعریف می‌شود. یعنی در نسبت‌های داده شده از قیمت نهاده، بتوان میزان کمتری از نهاده‌ها را برای حصول به همان مقدار محصول بکار برد. بر این اساس ناکارایی تکنیکی نیز به صورت قصور در دستیابی به حداکثر محصول ممکن با استفاده از هر ترکیب دلخواه از نهاده‌ها تعریف می‌شود. در این مطالعه تمرکز بر روی تعیین ناکارایی تکنیکی خواهد بود.

یکی شاخه اصلی از مطالعات بر روی ناکارایی که توسط آیکنر^۶ و میوسن^۷ برای اولین بار انجام شد، براساس برآورد یک تابع تولید مرزی تصادفی انجام می‌پذیرد. در این روش یک تابع مرزی، بیشترین میزان تولید ممکن از هر بردار معلوم از نهاده‌ها را مشخص می‌کند. تولید هر بنگاهی که در این سطح ماکزیمم قرار داشته باشد، طبق تعریف، کاملاً کارای تکنیکی قلمداد شده و سایر بنگاهها بسته به اینکه تا چه حد با این مرز تولید فاصله داشته باشند، دارای سطوحی از ناکارایی تکنیکی خواهند بود. چنانچه در شکل (۱) دیده می‌شود، بنگاه A بر روی مرز تولید قرار گرفته و کارایی تکنیکی کامل دارد؛ در حالی که بنگاههای B و C هر کدام به علت فاصله تا مرز حداکثر تولید، دارای ناکارایی تکنیکی هستند.

شکل ۱- ناکارایی تکنیکی در تولید

3. Farrell (1957)
4. Allocative inefficiency
5. Technical inefficiency
6. Aigner, Lovell & Schmidt (1977)
7. Meeusen & Van den Brock (1977)

حال این سوال مطرح می‌شود که مرز تولید یا تابع تولید کارا چگونه باید تعریف شود. این مرز می‌تواند بازتابی از بهترین عملکرد حاصل شده در بنگاه‌های یک صنعت باشد، و یا توسط یک ساختار تنوریک براساس سطح فناوری مورد استفاده در مراحل تولید تعیین شود. برای بسیاری از صنایع که کیفیت نهاده‌ها یا محصول در آنها دارای درجات مختلف است، تعیین چنین ساختاری دشوار است. بنابراین تابع تولید مرزی به این طریق ممکن است برای معدودی از صنایع مانند صنعت تولید برق به دست آید، ولی تعیین مرز فناوری تولید برای بسیاری دیگر از صنایع امکان پذیر نخواهد بود. بنابراین عموماً تعیین مرز تولید در یک صنعت با توجه به بهترین عملکرد واقعی^۸ بنگاه‌های تشکیل دهنده آن صنعت صورت می‌گیرد. مطالعات اولیه در خصوص تعیین مرز تولید، از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تعیین چنین عملکردی استفاده می‌کردند. چنانکه در شکل (۲) دیده می‌شود هر نقطه در فضای داده - ستانده، نشان‌دهنده عملکرد یکی از بنگاه‌های تشکیل دهنده صنعت است و بهترین عملکرد این صنعت یا همان مرز تولید، می‌تواند صرفاً با وصل کردن نقاط بیرونی به یکدیگر مشخص شود.

شکل ۲ - نمایش مرز قطعی تولید

در هر حال این روش دارای دو اشکال است که بعضاً باعث می‌شود روش دیگری در این زمینه بکار گرفته شود. اشکال اول این است که این روش تابع تولید صریحی به دست نمی‌دهد که بتوان نحوه تصمیم‌گیری اقتصادی بنگاه را با استفاده از آن مشاهده نمود. دوم، این روش بنگاه‌های یک صنعت را تا حدودی همگن و یکسان فرض می‌کند که در واقعیت چنین نیست. وجود این اشکالات منجر به استفاده از روش برآورد تابع تولید مرزی تصادفی^۹ می‌شود. این مسأله زمینه نظری برای بررسی رفتار انتخاب شده بنگاه‌ها ایجاد می‌کند و در عین حال اجازه تغییرات تصادفی را نیز می‌دهد. با این روش می‌توان مرز رفتار کارا را براساس تجارب واقعی برآورد کرده و به یک مشاهده غیرعادی خارج از محدوده^{۱۰} لفظ بهترین اطلاق نشود.

در تابع تولید مرزی تصادفی، فرض می‌شود که برای هر نوع فناوری در یک صنعت، این امکان وجود دارد که مکان هندسی تولید کارا به فرم یک تابع که محصول را به نهاده‌های مورد استفاده مرتبط می‌سازد، نشان داده شود. برای یک فناوری مشخص، مرز تولید، حد تئوریکی است که بر روی سطح محصول قابل حصول از هر کدام از ترکیبات ممکن نهاده قرار می‌گیرد. در عمل بسیاری از بنگاه‌ها به علت وجود شکل‌هایی از

9. Stochastic Frontier Production Function

10. Outlier

ناکارایی، در پایین مرز قرار می گیرند.

تابع تولید مرزی تصادفی به صورت رابطه زیر تعریف می شود:

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta' X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$$

که در آن Y_{it} میزان تولید بنگاه i ام در زمان t را نشان می دهد. X_{it} نمایانگر بردار لگاریتمی نهاده های استفاده شده توسط بنگاه i ام است و ε_{it} عبارت است از خطای رابطه فوق. در الگوهای مرز تصادفی این عبارت خطا از دو جزء تشکیل می شود. یک جزء تصادفی متقارن، که غالباً در روابط رفتاری اقتصادی وجود دارد، و یک جزء غیرمتقارن که ناکارایی تکنیکی را نشان می دهد. در نظر گرفتن این دو نوع خطا، باعث می شود که بنگاه های کارا به علت وجود عوامل تصادفی برونزا در اطراف مرز پراکنده باشند و بنگاه های ناکارا در عین حال که تحت تأثیر همان تأثیرات تصادفی هستند در زیر مرز قرار بگیرند. در رابطه فوق v جزء باقیمانده تصادفی و u شاخص ناکارایی است. v و u از هم مستقل هستند. جزء v دارای توزیعی متقارن بوده؛ در حالی که توزیع u تنها دارای مقادیر مثبت است، که مبین این است که تولید تولید هر بنگاه پس از به حساب آوردن تغییرات کاملاً تصادفی، در پایین و یا حداکثر بر روی مرز قرار خواهد گرفت.

با ارائه این تعریف از ناکارایی، انحرافات از مرز در نتیجه عواملی خواهند بود که تحت کنترل بنگاه هستند؛ مثل ناکارایی تکنیکی و اقتصادی به دلیل دانش خاص بنگاه^{۱۱}، خواست و تلاش تولیدکننده و کارکنان^{۱۲} و توقف کار و قطع تولید^{۱۳}. اثر تمامی این عوامل در جزء خطای u که بنا به فرض دارای توزیعی یکطرفه و غیرمنفی است لحاظ می شود و در واقع این جزء اخلاص است که اختلاف عملکرد بنگاه را تا مرز تولید به علت ناکارایی نشان می دهد. در عین حال خود مرز می تواند بطور تصادفی در میان بنگاهها و یا در طول زمان برای یک بنگاه تغییر کند که این تغییر در جزء تصادفی v لحاظ می شود. این جزء به دلیل اثرات مثبت و منفی مانند اثر شانس یا آب و هوا یا خطای اندازه گیری

11. Firm Specific Knowledge

12. Aigner et al. (1977); Lee & Tyler (1978)

13. Lee and Tyler (1978)

محصول^{۱۴} را روی مراحل تولید نشان می‌دهد، طبق فرض دارای توزیع متقارن است. فرض دیگری که در این مطالعه لحاظ شده است این است که ناکارایی تکنیکی محاسبه شده، در طول زمان متغیر است. برای در نظر گرفتن موضوعاتی در این قبیل مطالعات که از داده‌های تابلویی بهره می‌برند، این امکان را به محقق می‌دهد تا تغییرات ناکارایی را در طول زمان بررسی کند. منطقاً نیز این فرض که ناکارایی در طول دوره زمانی مورد نظر بدون تغییر باقی بماند، بخصوص اگر این دوره بیش از ۲ یا ۳ سال باشد، چندان معقول نیست.^{۱۵}

به منظور برآورد مرز تصادفی تولید، از روش اثر تصادفی^{۱۶} استفاده می‌شود. در این حالت عبارت u_{it} نشان‌دهنده انحراف تصادفی یکطرفه از مرز است که ناکارایی در تولید را معلوم می‌کند. رابطه (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} &= \alpha - E(u_{it}) + \beta' X_{it} + v_{it} - \left(|u_{it}| - E(u_{it}) \right) \\ &= \alpha^* + \beta' X_{it} + v_{it} - |u_{it}^*| \end{aligned} \quad (2)$$

به علت اینکه $E(|u_{it}|)$ یک مقدار ثابت و مثبت است، رابطه (۲) مطابق با فرم مدل‌های اثر تصادفی تابلویی است. پارامترهای این مدل با روش حداکثر راستنمایی برآورد می‌شوند. تابع لگاریتم راستنمایی مربوطه با فرض توزیع نرمال مقطع برای u_{it} به صورت زیر تعریف می‌شود.^{۱۷}

$$\begin{aligned} \log l(\alpha, \beta, \mu, \lambda, \sigma_u) &= \sum_{i=1}^N \left\{ -\frac{1}{2} \left[T \ln 2\pi - \ln 2 + T \ln \sigma_u^2 + \ln(1 + \lambda T_i) - 2 \ln \phi\left(\frac{\mu}{\sigma_u}\right) \right] \right\} \\ &+ \sum_{i=1}^N \left\{ -\frac{1}{2} \left[-\frac{\lambda}{1+\lambda T} \left(\sum_{t=1}^T \frac{\varepsilon_{it} - \mu}{\sigma_u} \right)^2 + \sum_{t=1}^T \left(\frac{\varepsilon_{it} - \mu}{\sigma_u} \right)^2 \right] \right\} \\ &+ \sum_{i=1}^N \ln \phi \left\{ \left[\sqrt{\frac{\lambda}{1+\lambda T}} \right] \left[\frac{1}{\sigma_u} \right] \left[\sum_{t=1}^T (\varepsilon_{it} - \mu) + T\mu(1 - \frac{1}{\lambda}) \right] \right\} \end{aligned}$$

که در آن:

14. Aigner et al. (1977); Schmidt & Sickles (1984)
15. Khumbakhar (1988)
16. Random Effect Model
17. Battese & Coelli (1992)

$$\lambda = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2}$$

$$\varepsilon_{it} = y_{it} - \alpha - \beta' x_{it}$$

$$u_{it} \approx N(\mu, \sigma_u^2)$$

$$v_{it} \approx N(0, \sigma_v^2)$$

ماکزیمم سازی این تابع با بکارگیری الگوریتم شبه نیوتن^{۱۸}DFP و با استفاده از نرم افزار FRONTIER 4.1 انجام شده است.

تخمین میزان ناکارایی تکنیکی با تعیین رابطه نسبی مشاهدات با مرز برآورد شده انجام می پذیرد. کارایی تکنیکی مشاهده i ام به صورت متوسط تولید واقعی بنگاه i ام نسبت به متوسط تولید در زمانی که جزء ناکارایی (u_{it}) صفر باشد تعریف می شود.

$$TE_i = \frac{E(Y_{it}^* | u_i, x_{it}, t=1,2,\dots)}{E(Y_{it}^* | u_i = 0, x_{it}, t=1,2,\dots)}$$

Y_{it}^* نشان دهنده ارزش تولید بنگاه i ام در زمان t است. اگر مقادیر نهاده‌ها و محصول به صورت لگاریتمی وارد الگوی مرز تولید شده باشد، شاخص کارایی تکنیکی به صورت زیر به دست می آید:

$$TE_i = \exp(-u_i)$$

شاخص کارایی تکنیکی متوسط برای یک سری از مشاهدات، برابر با امید ریاضی کارایی تکنیکی مشاهده i ام و با فرض اینکه توزیع جزء u_i دارای توزیع نرمال مقطع در صفر $N(\mu, \sigma_u^2)$ باشد به صورت زیر معرفی شده است:

$$MTE = E(TE_i) = \left\{ \frac{1 - \Phi(\sigma - (\mu/\sigma))}{1 - \Phi(-\mu/\sigma)} \right\} \exp(-\mu + \frac{1}{2}\sigma^2)$$

که در آن Φ تابع چگالی احتمال توزیع نرمال و σ^2 واریانس کل عبارت اخلاص الگو

18. Davidson-Fletcher-Powell Quasi Newton Algorithm

است.

۲. داده‌ها

در این مطالعه از آمار و اطلاعات مربوط به طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی دارای ده نفر کارکن و بیشتر که همه ساله توسط مرکز آمار ایران در قالب طبقه‌بندی استاندارد فعالیت‌های صنعتی^{۱۹} تهیه می‌شود استفاده شده است. متأسفانه دسترسی به آمار خرد در قالب داده‌های تابلویی برای محققین امکان‌پذیر نیست، بنابراین بانک داده‌های تابلویی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، از اطلاعات تجمعی^{۲۰} کارگاه‌های صنعتی در قالب کدهای طبقه‌بندی شده ISIC چهار رقمی ویرایش دوم در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ تشکیل می‌شود.^{۲۱} این بانک اطلاعاتی متشکل از شش زیر بخش عمده صنعت است که هر کدام با یک کد ISIC دو رقمی معلوم می‌شود.^{۲۲} بنابراین جزئی‌ترین مشاهدات استفاده شده برای تخمین پارامترها در این مطالعه، اطلاعات تجمعی کدهای چهاررقمی ISIC ویرایش دوم است.^{۲۳} البته لازم به ذکر است که از لحاظ متدولوژی علم اقتصاد، داده‌های کلی کلان حاوی اطلاعات دقیق و معتبری در مقایسه با داده‌های خرد نبوده و بنابراین باید در خصوص تحلیل‌هایی که براساس این متغیرها صورت می‌گیرند با احتیاط بیشتری عمل شود. ولی با این وجود در مطالعه حاضر به دلیل عدم دسترسی به آمار و اطلاعات خرد کارگاه‌های صنعتی، از داده‌های کلی (تجمعی) مربوط به هر یک از فعالیت‌های صنعتی استفاده شده است.

مشخصات این ۶ زیربخش در جدول شماره (۱) آمده است.

جدول شماره ۱- نام و مشخصات زیربخش‌های عمده صنعت

19. International Standard Industrial Classification (I.S.I.C)

20. Aggregate

۲۱. اطلاعات ارزشی به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱ هستند.

۲۲. در برخی از زیربخش‌ها که تعداد مشاهدات در آنها کم بود (کدهای ۳۳، ۳۴، ۳۶، ۳۷)، مشاهدات

دو کد دو رقمی با هم ادغام شده تا تعداد مشاهدات افزایش یابد.

۲۳. علت استفاده از ویرایش قدیمی‌تر این کدها در ادامه مقاله ارائه می‌شود.

کد	نام زیربخش	تعداد مشاهدات مقطعی	تعداد کل مشاهدات
۳۱	صنایع محصولات غذایی و آشامیدنی و دخانیات	۱۵	۹۰
۳۲	صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۱۰	۶۰
۳۳ و ۳۴	صنایع تولید چوب و کاغذ	۷	۴۲
۳۵	صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ و لاستیک و پلاستیک	۱۲	۷۲
۳۶ و ۳۷	صنایع محصولات کانی غیرفلزی و فلزات اساسی	۸	۴۸
۳۸	صنایع ماشین آلات و تجهیزات و ابزار	۱۷	۱۰۲

متغیرهای استفاده شده در الگو عبارتند از:

VA: میانگین بنگاهی^{۲۴} ارزش افزوده ایجاد شده در هر کد چهاررقمی

L: میانگین بنگاهی تعداد کل کارکنان در هر کد چهاررقمی

K: میانگین بنگاهی ارزش موجودی سرمایه در هر کد چهاررقمی

Edu: در صد کارکنان دارای تحصیلات عالی در هر کد چهاررقمی

۳. براورد کارایی تکنیکی در بخش صنعت ایران

تابع تولید مرزی به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$y_{it} = \alpha + \beta' x_{it} + v_{it} - |u_{it}|$$

$$v_{it} \approx N(0, \sigma_v^2)$$

$$u_{it} \approx N(\mu, \sigma_u^2)$$

که در آن توزیع جزء خطای یکطرفه u_{it} به صورت نرمال مقطع در صفر فرض می شود که البته می توان با قراردادن پارامتر میانگین توزیع برابر صفر ($\mu=0$) توزیع u_{it} را به صورت نیمه نرمال در نظر گرفت. فرم های مختلفی از توابع تولید تاکنون معرفی و در مطالعات مختلف استفاده شده اند، که می توانند در مورد سنجش ناکارایی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

۲۴. علت استفاده از میانگین بنگاهی (Per Firm) در هر یک از این کدها این است که متغیرهای

حاصله در این حالت نشان دهنده وضعیت عملکردی یک بنگاه نمونه در کد مورد نظر هستند. در

این حالت خطای ایجاد شده از بکارگیری متغیرهای تجمعی تا حدودی کاهش می یابد.

می‌توان با انجام آزمون‌هایی تعیین کرد که چه نوع تابع تولیدی برای این منظور مناسبتر است. با در نظر گرفتن تعداد مشاهدات موجود در بانک اطلاعاتی و ناهمگنی صنایع، فرم تابع تولیدی که برای این مطالعه انتخاب شده است، کاب-داگلاس لگاریتمی است. بنابراین تابع تولید مرزی تصادفی بکار رفته در این مطالعه به صورت زیر مشخص می‌شود:

$$\ln V_{it} = a_0 + a_1 \ln K_{it} + a_2 \ln L_{it} + a_3 \ln Edu_{it} + v_{it} - |u_{it}|$$

که در آن VA بیانگر ارزش افزوده^{۲۵} هر فعالیت صنعتی، L تعداد کارکنان آن و K موجودی سرمایه در آن فعالیت است. متغیر Edu به منظور لحاظ نمودن نهاد سرمایه انسانی در کنار سرمایه فیزیکی و نیروی کار به مدل اضافه شده است^{۲۶}. v_{it} جزء اخلاص تصادفی دارای توزیع تصادفی متقارن نرمال و $|u_{it}|$ جزء اخلاص دارای توزیع یک طرفه نرمال مقطع است که مبنای محاسبه کارایی تکنیکی براساس روش‌های ذکر شده می‌باشد.

نتایج حاصل از تخمین تابع تولید مرزی تصادفی فوق به روش اثر تصادفی و از طریق حداکثر کردن تابع لگاریتم راستنمایی در جدول شماره (۲) آمده است. با استفاده از نتایج حاصله، کارایی تکنیکی هر یک از مشاهدات در مقایسه با مرز کلی صنعت برآورد می‌شود (نتایج این تخمین در پیوست مقاله آمده است). با استفاده از این نتایج، کارایی تکنیکی متوسط در سطح کل صنعت برابر با ۰/۶۵ برآورد می‌شود. به این معنی که بنگاه‌های فعال در صنعت کشور به ۶۵ درصد ارزش افزوده قابل حصول از نهاده‌های استفاده شده، دست یافته‌اند.

۲۵. علت استفاده از ارزش افزوده به جای ارزش محصول به عنوان متغیر وابسته در تابع تولید این است که به علت انجام فعالیت‌های حق‌العمل کاری، کنترل قیمت فروش محصولات در برخی فعالیت‌ها و عدم گزارش میزان فروش توسط بعضی کارگاه‌های صنعتی، استفاده از میزان فروش محصولات ممکن است منجر به ایجاد خطا در تخمین‌های گردد. در این شرایط استفاده از ارزش افزوده محاسبه شده توسط پرداختی به عوامل، به جای ارزش فروش محصول، این خطا را کاهش می‌دهد.

26. Mankiw, Romer, and Weil (1992)

جدول شماره ۲ - مشخصات آماری مربوط به برآورد تابع تولید مرزی تصادفی
براساس داده‌های تابلویی ۷۸-۱۳۷۳

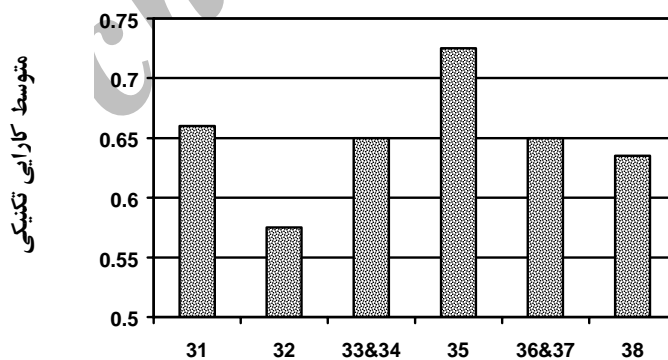
ضریب ثابت	ضریب سرمایه	ضریب نیروی کار	ضریب تحصیلات	ضریب گاما
۰/۱۹	۰/۳	۰/۸۴	۰/۱	۰/۷۲
(۱/۳)	(۷/۲)	(۱۵)	(۱/۶)	(۱۹)

در پایین هر ضریب، آماره t موردنظر آمده است.

ضریب گاما در جدول فوق نشان‌دهنده میزان اعتبار تخمین مرز تصادفی است. معنی‌داری این ضریب که برابر نسبت واریانس جزء ناکارایی به واریانس کل اخلاص است، معلوم می‌کند که آیا مرز تصادفی برای یک مجموعه از مشاهدات قابل برآورد هست یا خیر. آماره t مربوط به ضریب گاما نشان می‌دهد که مرز تصادفی برآورد شده از لحاظ آماری کاملاً معتبر است.

با گروه‌بندی صنایع چهاررقمی در قالب گروه‌های دو رقمی می‌توان متوسط کارایی تکنیکی در هر یک از زیربخش‌های عمده صنعت (کدهای دورقمی) را با استفاده از مقادیر کارایی تکنیکی برآورد شده برای هر یک از بنگاه‌های نمونه محاسبه نمود. بدین ترتیب می‌توان یک تصویر مقایسه‌ای از میزان کارایی متوسط هر یک از زیر بخش‌های عمده صنعت ارائه داد. نمودار شماره (۱) این تصویر را نشان می‌دهد.

نمودار ۱- مقادیر متوسط کارایی تکنیکی در کدهای دو رقمی طی سالهای ۷۸-۱۳۷۳

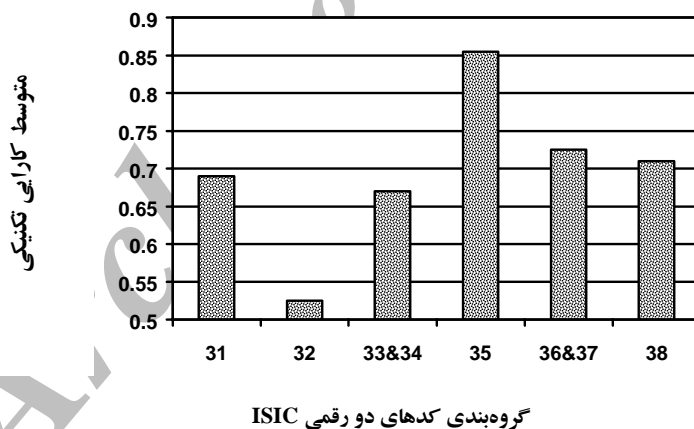


گروه‌بندی کدهای دو رقمی ISIC

مشاهده می‌شود که صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ و لاستیک و پلاستیک (کد ۳۵) و صنایع محصولات غذایی و آشامیدنی و دخانیات (کد ۳۱) دارای بیشترین کارایی تکنیکی و صنایع نساجی و پوشاک و چرم (کد ۳۲) و صنایع ماشین آلات و تجهیزات و ابزار (کد ۳۸) دارای کمترین کارایی تکنیکی هستند.

تصویر دیگر که در این خصوص ارائه می‌شود، مقایسه کارایی تکنیکی متوسط صنایع کشور بر اساس اعمال میانگین وزنی کارایی تکنیکی در هر یک از صنایع است. با این توضیح که طبعاً در محاسبه میزان متوسط کارایی تکنیکی، به کارایی در یک صنعت بزرگ (از لحاظ مقیاس تولید)، می‌بایست وزن متفاوتی نسبت به میزان کارایی در یک صنعت کوچک دارد. این وزن براساس محاسبه سهم ارزش افزوده ایجاد شده توسط هر یک از کدهای چهاررقمی در کل ارزش افزوده کد دو رقمی مربوطه به دست آمده است. نمودار شماره (۲) متوسط وزنی کارایی تکنیکی در هر یک از کدها دو رقمی ISIC را نشان می‌دهد.

نمودار ۲- مقادیر متوسط وزنی کارایی تکنیکی در کدهای دو رقمی طی سالهای ۷۸-۱۳۷۳



چنانچه اشاره شد بر اساس الگوی مرز تصادفی تولید، میزان کارایی متوسط در صنایع کشور برابر با ۰/۶۵ برآورد شد. این میزان کارایی براساس عملکرد تمامی مشاهدات (۶۹ کد چهاررقمی) طی سالهای ۷۸-۱۳۷۳ محاسبه شده است. نکته دیگری که در خصوص برآورد

میزان کارایی متوسط در صنایع کشور مطرح می‌شود این است که محاسبه کارایی هر یک از این زیربخش‌ها با استفاده از تخمین تنها یک تابع مرزی برای کل صنایع، ممکن است چندان صحیح نباشد؛ چرا که در فرآیندهای تولیدی در این زیر بخش‌ها، نوع نهاده‌های تولیدی، شیوه‌های تولید، فناوری و سایر مشخصات فنی مربوط به فرآیند تولید، غالباً با یکدیگر متفاوت هستند و تعیین یک مرز تصادفی به عنوان بهترین مرز تولید در کل صنعت منجر به بروز خطا در برآورد کارایی هر یک از بخش‌های مختلف صنعت خواهد شد. به منظور رفع این مشکل می‌توان مرز تولید در هر یک از زیربخش‌های صنعت را با استفاده از مشاهدات همان زیر بخش برآورد کرده و تخمین زده شود و کارایی صنایع آن زیربخش را با توجه به این مرز محاسبه نمود. البته اینکار در عمل با مشکل کم بودن تعداد مشاهدات موجود در هر زیربخش (کد دو رقمی طبقه‌بندی فعالیت‌های صنعتی) مواجه است که این امر می‌تواند منجر به بی‌معنی شدن بعضی ضرائب برآورد شده گردد. برای رفع نسبی این مشکل، بعضی زیربخش‌های دو رقمی که در آنها تعداد مشاهدات کمتر از بقیه بود و در ضمن با یکدیگر سنخیت نسبی هم داشتند. در هم ادغام شده و در کل مرز تصادفی برای ۶ زیر بخش صنعت برآورد شده است.

نتایج مربوط به برآورد ضرائب مرز تصادفی تولید و محاسبه کارایی متوسط در هر کدام از این گروه‌ها در جدول شماره (۳) آمده است.

جدول شماره ۳- مشخصات آماری مربوط به برآورد توابع تولید مرزی تصادفی برای ۶ زیربخش صنعت براساس داده‌های تابلویی ۱۳۷۳-۷۸

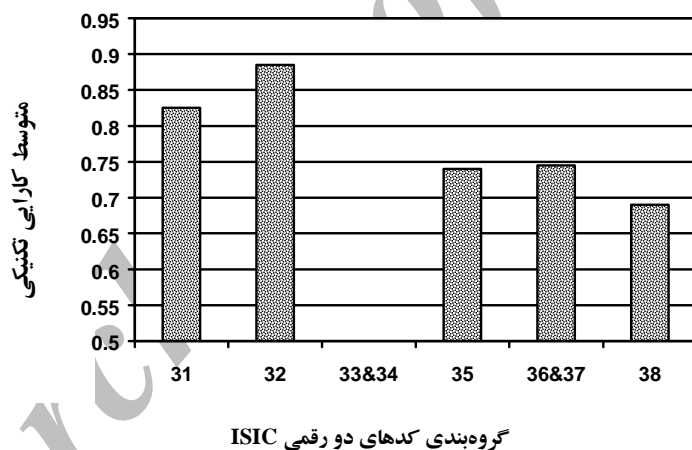
38	36&37	35	33&34	32	31	
۰/۶۴	-۰/۲۱	-۰/۱۱	-۰/۵۱	-۰/۳۵	۰/۱۲	عرض از مبدأ
۲/۸۴	-۱/۰۰	-۰/۲۶	-۱/۷۴	-۱/۵۰	۰/۷۷	
۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۴۷	-۰/۰۳	سرمایه
۰/۲۹	۳/۱۷	۴/۲۷	۳/۷۲	۳/۱۹	-۰/۳۲	
۰/۹۷	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۵۹	۱/۱۹	نیروی کار
۵/۵۹	۵/۰۳	۶/۶۴	۴/۹۸	۴/۹۱	۱۰/۹۳	
-۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۱۴	تحصیلات
-۰/۵۵	۰/۷۹	۰/۳۶	۰/۵۸	۲/۰۳	۱/۰۹	
۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۸۳	۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۰۳	ضریب δ^2
۲/۰۹	۳/۳۴	۰/۲۸	۳/۹۶	۰/۲۶	۱/۷۳	

ادامه جدول شماره ۳

38	36&37	35	33&34	32	31	
۰/۷۳ ۸/۱۸	۰/۸۶ ۱۷/۰۲	۰/۹۷ ۱۰/۶۲	۰/۰۸ ۰/۶۳	۰/۹۳ ۳/۳۳	۰/۷۲ ۵/۰۷	ضریب گاما
۰/۳۹ ۴/۲۶	۰/۳۱ ۴/۷۰	-۱/۷۸ -۰/۰۲	۰/۰۹ ۰/۳۵	-۰/۸۹ -۰/۱۷	۰/۳۱ ۲/۰۴	ضریب میو
-۰/۰۴ -۱/۷۹	-۰/۰۳ -۱/۰۰	-۰/۰۲ -۰/۶۳	۰/۱۰ ۰/۴۳	-۰/۱۶ -۱/۸۲	-۰/۰۴ -۱/۳۸	ضریب اتا
۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۸۲	MTE

نمودار شماره (۳) اطلاعات به دست آمده از برآورد متوسط کارایی تکنیکی در ۶ گروه مذکور را نشان می‌دهد.

نمودار ۳- مقایسه متوسط کارایی تکنیکی در کدهای دو رقمی ISIC طی سالهای ۱۳۷۳-۷۸ براساس مرز تولید هر یک از کدهای دو رقمی



با توجه به آماره گاما در جدول شماره (۳) که معنی‌دار بودن مرز را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که برآورد تابع تولید مرزی در صنایع تولید چوب و کاغذ چندان معنی‌دار نیست. اما در میان ۵ گروه دیگر، صنایع نساجی و پوشاک و چرم (کد ۳۲) دارای بیشترین میزان کارایی تکنیکی و صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار (کد ۳۸) دارای کمترین میزان کارایی تکنیکی هستند.

با بررسی دو نمودار (۱) و (۳) به نظر می‌رسد که نتایج حاصله در برخی موارد با هم متفاوت هستند. در این خصوص باید به این نکته توجه داشت که نتایج به نمایش درآمده در این دو نمودار تنها در کنار هم می‌توانند تصویری از کارایی زیربخش‌های صنعت ارائه دهند. به این ترتیب که چون مرز تولید براساس بهترین عملکرد واقعی بنگاهها برآورد می‌شود، هر چه عملکرد بنگاههای یک زیربخش مفروض نسبت به یکدیگر از پراکندگی بیشتری برخوردار باشند، مرز برآورد شده به عملکرد بنگاهها نزدیکتر و در نتیجه کارایی تکنیکی در آن زیر بخش بالاتر برآورد خواهد شد. اما ممکن است عملکرد مجموعه بنگاههای این زیربخش نسبت به عملکرد سایر بنگاههای بخش صنعت در سطحی پایتتر قرار داشته باشد. در این حالت فاصله بنگاههای این زیربخش نسبت به مرز برآورد شده براساس بهترین عملکرد کل بنگاههای صنعت زیاد خواهد بود و کارایی برآورد شده برای این زیربخش کاهش خواهد یافت.

۴. برآورد کارایی متغیر در زمان

همانطور که اشاره شده میزان کارایی متوسط در صنایع کشور برابر با ۰/۶۵ است. نکته حائز اهمیت در تحلیل میزان کارایی متوسط صنایع کشور، بررسی روند تغییرات زمانی آن است. برای این منظور می‌بایست برای هر یک از مقاطع زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ میزان کارایی متوسط محاسبه شده و روند تغییرات زمانی آن مورد بررسی قرار گیرد. لذا در ادبیات مربوط به برآورد کارایی براساس داده‌های تابلویی، بحث ثابت بودن یا متغیر بودن کارایی در طول زمان مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در الگوهایی که از داده‌های تابلویی استفاده می‌کنند اگر بازه زمانی داده‌ها کوتاه نباشد، فرض تغییرناپذیری کارایی در طول زمان، چندان معقول نیست.

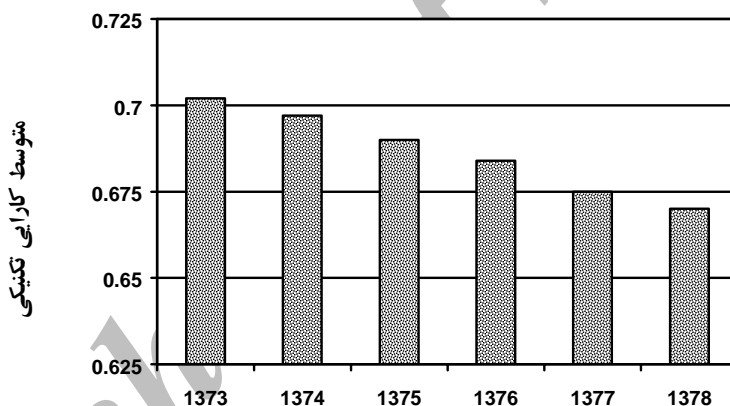
برای مشاهده تأثیر زمان بر روی میزان کارایی، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. در روشی که در این مطالعه استفاده می‌شود، ارتباط کارایی و زمان به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود^{۲۷}:

$$U_{it} = (U_i \exp(-\eta(t - T)))$$

27. Battese & Coelli (1992)

پارامتر η به همراه ضرایب الگو تخمین زده می‌شود و مقدار معنی‌دار و غیر صفر این پارامتر، رابطه کارایی با زمان را معلوم می‌کند. در حالتی که η غیر صفر باشد می‌توان میزان کارایی متوسط هر یک از صنایع را برای هر سال با استفاده از روش آنالیز داده‌های تابلویی محاسبه کرد. بر این اساس، الگوی مرز تصادفی با توجه به تغییرات زمانی ناکارایی برآورد شده و میزان کارایی متوسط صنایع کشور در هر یک از مقاطع زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ با توجه به مرز برآورد شده محاسبه می‌شود. نکته حائز اهمیت در بررسی ضرایب برآورد شده، ضریب مربوط به پارامتر η است. این ضریب از لحاظ آماری منفی و معنی‌دار است. بدین ترتیب میزان کارایی متوسط در صنایع کشور طی سالهای موردنظر نزولی بوده است، نمودار شماره (۴) روند تغییرات زمانی کارایی متوسط صنایع کشور را طی دوره زمانی موردنظر نشان می‌دهد.

نمودار ۴- روند تغییرات زمانی متوسط کارایی تکنیکی کشور طی سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸

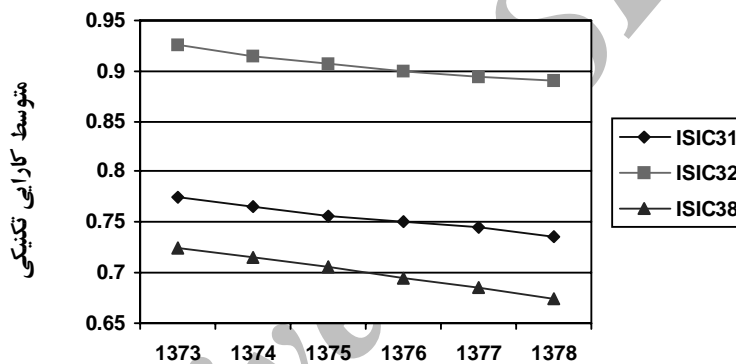


در ادامه مطالعه به این سؤال پرداخته می‌شود که روند تغییرات زمانی کارایی متوسط در هر یک از زیربخش‌های عمده صنعت چگونه بوده است. برای این منظور می‌بایست الگوهای مرز تصادفی را با توجه به امکان تغییر زمانی ناکارایی در هر یک از گدهای دو رقمی برآورد کرد.

با توجه به آماره t مربوط به ضریب برآورد شده برای متغیر زمان مشاهده می‌شود که در سه گروه صنایع تولید چوب و کاغذ (کدهای ۳۳ و ۳۴)، صنایع شیمیایی و نفت (کد ۳۵) و صنایع محصولات کانی غیرفلزی و فلزات اساسی (کدها ۳۶ و ۳۷) روند زمانی تغییرات

ناکارایی از لحاظ آماری بی معنی است. بدین مفهوم که در طی سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ میزان متوسط کارایی تکنیکی در این گروهها از لحاظ آماری ثابت بوده است، اما روند تغییرات زمانی متوسط کارایی تکنیکی در سه گروه دیگر معنی دار و جهت تأثیرگذاری، منفی برآورد شده است. بدین معنی که طی دوره مذکور متوسط کارایی تکنیکی در این صنایع با روندی کاهشی همراه بوده است. نمودار شماره (۵) روند تغییرات متوسط کارایی تکنیکی در این سه گروه را نشان می‌دهد.

نمودار ۵- روند تغییرات زمانی متوسط کارایی تکنیکی در کدهای ISIC طی سالهای ۷۸-۱۳۷۳



مشاهده می‌شود که روند تغییرات متغیر مورد نظر در کد ۳۸ (صنایع ماشین آلات و تجهیزات و ابزار) از لحاظ مقدار در سطح پایین‌تری نسبت به دو گروه دیگر قرار دارد. اما روند تغییرات زمانی کارایی متوسط در کد ۳۲ (صنایع نساجی، پوشاک و چرم) با کاهش نسبی بیشتری (۱۶/۰- ضریب اتا) طی دوره ۷۸-۱۳۷۳ همراه بوده است. این روند کاهشی برای کدهای ۳۱ و ۳۸ برابر با ۰/۰۴ برآورد شده است.

جمع‌بندی و ملاحظات

در این مطالعه که با هدف سنجش میزان ناکارایی تکنیکی در صنایع مختلف کشور انجام شده است، براساس برآورد تابع تولید مرزی تصادفی، ابتدا مرز تصادفی تولید با استفاده از داده‌های تابلویی و براساس روش اثر تصادفی مشخص گردید و سپس میزان کارایی

تکنیکی در هر یک از صنایع محاسبه شد.

با گروه‌بندی صنایع در قالب کدهای دو رقمی و برآورد متوسط کارایی در هر یک از زیربخش‌های عمده صنعت مشخص شد که صنایع شیمیایی و نفت و پلاستیک (کد ۳۵) و صنایع محصولات غذایی و آشامیدنی و دخانیات (کد ۳۱) دارای بیشترین کارایی تکنیکی و صنایع نساجی و پوشاک چرم (کد ۳۲) و صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار (کد ۳۸) دارای کمترین کارایی تکنیکی هستند. در محاسبه کارایی هر یک از زیربخش‌های صنعت با استفاده از تخمین تابع تولید مرزی مخصوص به همان زیربخش از صنعت، نتایج مبین این است که صنایع تولید چوب و کاغذ (کدهای ۳۳ و ۳۴) دارای بیشترین میزان کارایی تکنیکی و صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار (کد ۳۸) دارای کمترین میزان کارایی تکنیکی می‌باشند. پس از برآورد میزان متوسط کارایی تکنیکی در صنایع کشور، روند تغییرات زمانی کارایی مورد بررسی قرار گرفته و بررسی روند تغییرات زمانی کارایی متوسط در هر یک از زیربخش‌های عمده صنعت طی دوره زمانی مذکور نشان می‌دهد که در سه گروه صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار (کد ۳۸)، صنایع نساجی پوشاک و چرم (کد ۳۲) و صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات (کد ۳۱) روند زمانی تغییرات کارایی معنی‌دار و از لحاظ جهت تأثیرگذاری، منفی برآورد شده‌اند. بدین معنی که طی دوره مذکور متوسط کارایی تکنیکی در این زیربخش‌ها با روندی کاهشی همراه بوده است. روند تغییرات زمانی متوسط کارایی تکنیکی در سه گروه دیگر از لحاظ آماری بی‌معنی است. بدین مفهوم که طی سالها ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ میزان متوسط کارایی تکنیکی در این گروه‌ها از لحاظ آماری ثابت بوده است. بدین ترتیب می‌توان گفت که روند کاهشی کارایی کل صنعت نتیجه افت کارایی در این سه زیربخش می‌باشد.

این مطالعه با بررسی و شناخت مفهوم کارایی در صنایع کشور به صورت آماری، می‌تواند زمینه‌ای را برای تدوین بخشی از راهبردهای صنعت فراهم کند. طبعاً تدوین راهبرد صنعتی نیازمند شناسایی کارایی فرآیندهای تولید در هر یک از فعالیت‌های صنعتی و مقایسه نسبی آنها خواهد بود. این مطالعه با معرفی و کاربرد روش برآورد مرز تصادفی تولید و محاسبه میزان کارایی تکنیکی، ابزاری مناسب جهت شناخت مزیت‌های نسبی در فعالیت‌های صنعتی کشور خواهد بود.

پیوست

جدول ۱ - کارایی برآورد شده برای هر فعالیت صنعتی (کد چهار رقمی ISIC)
با توجه به مرز تصادفی تولید

کارایی	کد ISIC	کارایی	کد ISIC
۷/۴۳ E-۰۱	۳۵۲۱	۷/۰۲ E-۰۱	۳۱۱۱
۶/۷۱ E-۰۱	۳۵۲۲	۶/۵۷ E-۰۱	۳۱۱۲
۷/۵۹ E-۰۱	۳۵۲۳	۷/۷۴ E-۰۱	۳۱۱۳
۷/۲۹ E-۰۱	۳۵۲۹	۵/۸۵ E-۰۱	۳۱۱۴
۹/۱۹ E-۰۱	۳۵۳۰	۷/۷۸ E-۰۱	۳۱۱۵
۳/۷۴ E-۰۱	۳۵۴۰	۵/۸۶ E-۰۱	۳۱۱۶
۳/۲۶ E-۰۱	۳۵۵۱	۳/۹۴ E-۰۱	۳۱۱۷
۵/۷۹ E-۰۱	۳۵۵۹	۵/۹۰ E-۰۱	۳۱۱۸
۵/۹۶ E-۰۱	۳۵۶۱	۷/۲۸ E-۰۱	۳۱۱۹
۶/۰۴ E-۰۱	۳۶۱۰	۶/۲۳ E-۰۱	۳۱۲۱
۶/۲۱ E-۰۱	۳۶۲۰	۷/۳۲ E-۰۱	۳۱۲۲
۴/۸۹ E-۰۱	۳۶۹۱	۶/۹۴ E-۰۱	۳۱۲۳
۶/۹۶ E-۰۱	۳۶۹۲	۶/۹۶ E-۰۱	۳۱۳۰
۵/۷۳ E-۰۱	۳۶۹۳	۸/۰۴ E-۰۱	۳۱۳۱
۵/۸۷ E-۰۱	۳۶۹۹	۵/۶۴ E-۰۱	۳۱۴۰
۷/۵۶ E-۰۱	۳۷۱۰	۴/۹۸ E-۰۱	۳۲۱۱
۸/۹۵ E-۰۱	۳۷۲۰	۵/۶۴ E-۰۱	۳۲۱۲
۵/۳۰ E-۰۱	۳۸۱۱	۵/۶۵ E-۰۱	۳۲۱۳
۶/۰۶ E-۰۱	۳۸۱۳	۵/۶۲ E-۰۱	۳۲۱۴
۵/۳۱ E-۰۱	۳۸۲۱	۵/۳۲ E-۰۱	۳۲۱۵
۵/۷۷ E-۰۱	۳۸۲۲	۵/۱۹ E-۰۱	۳۲۱۹
۹/۲۱ E-۰۱	۳۸۲۵	۶/۲۱ E-۰۱	۳۲۲۰
۶/۳۹ E-۰۱	۳۸۲۶	۶/۷۷ E-۰۱	۳۲۳۱
۶/۹۰ E-۰۱	۳۸۲۷	۶/۱۷ E-۰۱	۳۲۳۳
۷/۱۵ E-۰۱	۳۸۳۱	۵/۴۹ E-۰۱	۳۲۴۰
۶/۳۴ E-۰۱	۳۸۳۹	۶/۰۴ E-۰۱	۳۳۱۱
۵/۲۱ E-۰۱	۳۸۴۱	۶/۱۶ E-۰۱	۳۳۱۳
۴/۸۱ E-۰۱	۳۸۴۲	۵/۵۸ E-۰۱	۳۳۲۰
۷/۷۸ E-۰۱	۳۸۴۳	۶/۹۶ E-۰۱	۳۴۱۱
۷/۱۵ E-۰۱	۳۸۴۴	۷/۳۳ E-۰۱	۳۴۱۲
۷/۰۵ E-۰۱	۳۸۴۹	۶/۶۸ E-۰۱	۳۴۱۹
۵/۹۴ E-۰۱	۳۸۵۱	۶/۸۸ E-۰۱	۳۴۲۰
۵/۹۵ E-۰۱	۳۸۵۲	۹/۰۰ E-۰۱	۳۵۱۱
۵/۶۰ E-۰۱	۳۸۵۳	۸/۷۰ E-۰۱	۳۵۱۲
		۹/۶۰ E-۰۱	۳۵۱۳

منابع

1. Aigner, D.J. and Chu, S.F. (1968); "On estimating the industry production function," **American Economic Review**, Vol. 58, No. 4, pp. 826-839.
2. Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. (1977); "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models," **Journal of Econometrics**, Vol. 6, pp. 21-37.
3. Atkinson, S.E and Cornwell, C. (1993); "Measuring technical efficiency with panel data, a dual approach," **Journal of Econometrics**, Vol. 54, pp. 257-61.
4. Battese G.E. and Coelli, T.J. (1988); "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data," **Journal of Econometrics**, Vol. 38, pp. 387-99.
5. Battese G.E. and Coelli, T.J. (1992), "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India," **Journal of Productivity Analysis**, Vol. 3, pp. 153-169.
6. Battese G.E. and Coelli, T. J. (1995); "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data," **Empirical Economics**, Vol. 20, pp. 325-32.
7. Broeck, J. van den, Forsund, F. R., Hjalmarsson, L. and Meeusen, W. (1980); "On estimation of deterministic and stochastic frontier production functions: A Comparison," **Journal of Econometrics**, Vol. 13, pp. 117-38.
8. Coelli, T.J. (1992); "A computer program for stochastic frontier production function estimation: FRONTIER version 2.0," **Economic Letters**, Vol. 30, pp. 29-32.
9. Cornwell, C., Schmidt, P. and Sickles, R. (1990); "Production Frontier with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels," **Journal of Econometrics**, Vol. 46, pp. 185-200.
10. Farrell, M.J. (1957); "The Measurement of productive efficiency," **Journal of The Royal Statistical Society**, Series A, Vol. 120, pp. 253-90.

11. Forsund, F. R. and Hjalmarsson, L. (1979); "Generalized Farrell measures of efficiency: An application to milk processing in Swedish dairy plants," **Economic Journal**, No. 89, pp. 294, 315.
12. Greene, W.H. (1980); "Maximum likelihood estimation of econometric frontier function," **Journal of Econometrics**, Vol. 13, pp. 27-56.
13. Greene, W.H. (1980); "On the estimation of a flexible frontier production function model," **Journal of Econometrics**, Vol. 13, pp. 101-115.
14. Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I.S. and Schmidt, P. (1982); "On estimation of Technical inefficiency in stochastic frontier production model," **Journal of Econometrics**, Vol. 19, pp. 233-238.
15. Kumbhakar, S.C. (1990); "Production frontiers, panel data, and time-varying technical efficiency," **Journal of Econometrics**, Vol. 46, pp. 201-211.
16. Lee, L.F. and Tyler, W.G. (1978); "The stochastic frontier production function and average efficiency: An empirical analysis", **Journal of Economics**, Vol. 7, No. 3, pp. 385-90.
17. Leibenstein, H. (1996); "Allocative efficiency vs X-efficiency," **American Economic Review**, Vol. 56, No. 3, pp. 392-415.
18. Mankiw, G., Romer, D. and Weil, D. (1992); "A contribution to the empirics of economic growth," **Quarterly Journal of Economics**, Vol. 107 (2), pp. 407-37.
19. Meeusen, W. and Van den Broeck, J. (1977); "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error," **International Economic Review**, Vol. 18, No. 2, pp. 435-44.
20. Olsan J. A, Schmidt, P. and Waldman, D.M. (1980); "A Monte Carlo study of estimators of stochastic frontier production function," **Journal of Econometrics**, Vol. 13, pp. 67-82.
21. Pitt, M. and Lee, L.F. (1981); "The measurement and sources of technical inefficiency in Indonesian weaving industry," **Journal of Development Economics**, Vol. 9, pp. 43-64.
22. Schmidt, P. (1988); "Estimation of a fixed-effect Cobb-Douglas system using panel Data," **Journal of Econometrics**, Vol. 37, pp. 361-80.

23. Schmidt, P. and Lovell, C.A.K.(1980); "Estimating stochastic production and cost frontiers when technical and allocative inefficiency are correlated," **Journal of Econometrics**, Vol. 13, pp. 33-100.
24. Schmidt, P and Sickles, R.C. (1984); "Production Frontiers and Panel Data," **Journal of Business and Economic Statistics**, Vol. 2, No. 4, pp. 367-374.

Archive of SID