Technical Efficiency in Iran's Industry Sector: A Stochastic Frontier Analysis (SFA) Approach

Mansour Asgari[1] | M.asgari@itsr.ir

Abstract Nowadays, the most important factor affecting production is efficiency, which recovers economic performance, adjusts prices, enhances competitiveness, and improves social welfare and growth sustainability by influencing the production level. This paper aims to estimate the technical efficiency of production in Iran's industrial sector by implementing Stochastic Frontier Analysis (SAF); To this end, the Translog Function is used to estimate the production and technical performance of the Iranian industry sector in terms of four-digit International Standard Industrial Classification (ISIC) codes for the period 2010-2018. Accordingly, the panel data technique is applied to estimate the technical efficiency and production function Frontier Production Functions, the estimator of maximum likelihood variables of using value-added variables, labor force, capital, and energy based on four-digit ISIC codes. The results show that the chemical, petroleum, and coal industries ranked first in efficiency; textile manufacturing, clothing industry, wood, and cork industry, manufacture of articles of straw and plaiting materials, and paper and paper products ranked second in efficiency; Coke production and refined petroleum products, chemicals and chemical products, and manufacturing other non-metallic mineral products ranked third in efficiency; and lastly, manufacturing basic metals and fabricated metal products, except machinery and equipment, ranked as fourth.

Keywords: Stochastic Frontier Analysis (SAF), Technical Efficiency, Industry Sector, Maximum Likelihood Estimation, Panel Data.

JEL Classification: C23, D24, Q12.

1. Assistant Professor, Institute for Trade Studies and Research (ITSR), Tehran, Iran.

The Journal of PLANNING & BUDGETING | Indexed In ISC | ISSN: 2251-9092 | Vol. 24 | No. 3 | Autumn 2019 | PP 61-85

کارایی فنی بخش صنعت ایران: رهیافت تحلیل مرزی تصادفی

منصور عسگری | M.asgari@itsr.ir
استادیار موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶ | پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷

چکیده: امروزه مهم‌ترین عامل موثر بر تولید، کارایی است که با اثرگذاری بر سطح تولید باعث عملکرد بهتر اقتصادی، زمینه‌ساز اصلاح قیمت‌ها، افزایش توان رقابتی، افزایش سطح رفاه اجتماعی، و پایداری رشد می‌شود. هدف این پژوهش، برآورد کارایی فنی تولید در بخش صنعت ایران با استفاده از تحلیل‌های مرزی تصادفی است که با استفاده از تابع ترانسلاگ، تولید و کارایی فنی بخش صنعت ایران را به تفکیک کدهای چهار رقمی ISIC در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ برآورد می‌نماید. برای تخمین کارایی فنی و تابع تولید، با کاربرد تکنیک پانل دیتا، از توابع مرزی تصادفی و برآوردگر بیشینهٔ درست‌نمایی و متغیرهای ارزش‌افزوده، نیروی کار، سرمایه، و انرژی به تفکیک کدهای چهار رقمی ISIC دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که صنایع شیمیایی، نفت، و زغال سنگ در رتبه اول کارایی؛ صنایع نساجی، پوشاک، و چرم، چوب و محصولات چوبی، کاغذ و مقوا و چاپ و انتشار در رتبه دوم؛ صنایع شیمیایی، نفت، زغال سنگ، لاستیک، و پلاستیک ـ صنایع محصولات کانی غیرفلزی به‌جز نفت و زغال سنگ در رتبه سوم؛ و صنایع تولید فلزات اساسی ـ صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار و محصولات فلزی در رتبه چهارم کارایی قرار دارند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل مرزی تصادفی، کارایی فنی، بخش صنعت، بیشینهٔ درست‌نمایی، پانل دیتا.

طبقه‌بندی JEL: Q12 , D24, C23.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه
شاپا (چاپی) ۹۰۹۲-۲۲۵۱ | نمایه در ISC
سال بیست و چهارم | شماره ۳ | پاییز ۱۳۹۸
ص‌ص ۸۵-۶۱

مقدمه

بخش صنعت به‌طور بالقوه دارای توانمندی‌های فراوانی است و موتور رشد و توسعهٔ پایدار هر کشور است. این بخش از نظر تنوع و فراوانی محصولات تولیدی و قدرت اشتغال‌زایی بسیار مهم است. رشد و توسعه پایدار در کشورها، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، به بالا بودن کیفیت و کمّیت عوامل تولید و قیمت آن، و استفاده بهینه از عوامل تولید وابسته است (نیلی و همکاران، ۱۳۸۲). به همین دلیل است که اغلب کشورها ساختار تولید خود را بر مبنای توسعه منابع برنامه‌ریزی می‌کنند که از بین عوامل مختلف تولید، انرژی و قیمت آن در ایران به دلیل وابسته بودن بخش صنعت به این عامل، یکی از مهم‌ترین عوامل تولید، در رشد و توسعه پایدار اقتصادی است. در فرایند تولید، مهم‌ترین عامل موثر بر تولید، کارایی است که با اثرگذاری بر سطح تولید، باعث بهبود وضعیت اقتصادی می‌شود. کارایی زمینه‌ساز بهبود قیمت‌ها، افزایش توان رقابتی، افزایش سطح رفاه اجتماعی، و پایداری رشد اقتصادی می‌شود (نیلی و همکاران، ۱۳۸۲).

از طرفی، نقش و سهم صنعت در اقتصاد ملّی ناشی از تاثیری است که در رشد و توسعه ایفا می‌کند. رشد صنعت امکان می‌دهد قدرت نیروهای تولیدی مدام در حال افزایش باشد و این افزایش با توجه به توسعه روزافزون علم و فناوری به‌طور منظم روند صعودی را طی می‌کند. با رشد صنعتی شدن کشور، این امکان فراهم می‌شود که نیازهای جامعه بیش‌تر تامین شود، و تولید و وضعیت اجتماعی ارتقا یابد. فرایند تولید صنعتی که فرایندی فنی‌ـانسانی است، از نظر اقتصادی، به‌ویژه در سطح کلان و در بلندمدت، از ویژگی‌هایی برخوردار است که تحت عنوان نقش صنعت در رشد و توسعه اقتصادی مورد بحث اقتصاددانان و اندیشمندان مختلف قرار می‌گیرد (نیلی و همکاران، ۱۳۸۲). بدین ترتیب، اثر بلندمدت صنعتی شدن کشورهای درحال‌توسعه، تنها در ایجاد و بهبود در تولید صنعتی نیست، بلکه در تجدید ساختار دیگر بخش‌های اقتصاد و حتی همه بخش‌هاست. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که قدرت اقتصادی و سطح زندگی جوامع امروزی به ظرفیت صنعتی و نوع فناوری وابسته است که این مسئله خود تا حدود زیادی به میزان کارایی فرایند تولید متکی است[1]. از سوی دیگر، شناخت کافی از وضعیت عملکرد بخش صنعت، سیاستگذار را در تهیه بسته‌های حمایتی برای بهبود وضعیت بخش‌های صنعتی کمک می‌کند که یکی از شاخص‌های عملکردی در بخش صنعت کشور، شاخص کارایی فنی است. در شرایط کنونی کشور ایران که احتمال افزایش قیمت حامل‌های انرژی و تعدیل

1. Grouping Countries by National Models of Technological Learning, *www.worldbank.org*, Nov. 2005.

قیمت این حامل‌ها وجود دارد، داشتن تصویری از وضعیت کارایی و عملکرد بخش‌های مختلف صنعتی می‌تواند به عنوان یک شاخص و مولفه در کنار سایر مولفه‌ها، نحوه و میزان توزیع کمک‌های حمایتی را برای سیاستگذار مشخص نماید.

نظریه اندازه‌گیری کارایی توسط فارل[1] (۱۹۵۷) ارائه می‌شود و با مفهوم تحلیل مرزی تصادفی (SFA)[2]، یعنی بیش‌ترین تولید ممکن از مقدار معینی نهاده، تکمیل می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی، تابع تولید تخمین زده می‌شود و با توجه به تابع تولید، میزان کارایی هر گروه از بنگاه‌ها محاسبه می‌شود، که این رویکرد بنا بر مدل‌های اقتصادسنجی و نظریه‌های اقتصاد خرد است. در این روش، ابتدا تابع تولید با توجه به فروض در نظرگرفته‌شده تخمین زده می‌شود و با توجه به تابع اشاره‌شده، کارایی بنگاه‌ها محاسبه و اندازه‌گیری می‌شود.

در خصوص وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین داخلی می‌توان ادعا نمود این پژوهش دست‌کم در مواردی چون دوره زمانی (استفاده از آخرین آمار و اطلاعات در دسترس)، استفاده از کدهای چهار رقمی ISIC[3] دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر، دسته‌بندی فعالیت‌های صنعتی شبیه به هم در یک گروه، استفاده از متغیر انرژی مصرفی در بخش صنعت به عنوان یکی از عوامل تولید، مقایسه روش‌های محاسبه کارایی، و استفاده از کلیه فعالیت‌های بخش صنعت در محاسبه‌های خود و نه فعالیت‌های منتخب، با سایر پژوهش‌ها تفاوت دارد، و می‌توان گفت که دست‌کم در موارد بیان‌شده، سهمی متفاوت در ایجاد ادبیات تجربی موضوع دارد. هدف این پژوهش، تجزیه‌وتحلیل و رتبه‌بندی کارایی فنی بخش صنعت ایران به تفکیک کد چهار رقمی ISIC دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ با استفاده از تحلیل‌های مرزی تصادفی است. بر همین اساس، پژوهش حاضر تلاش دارد که با استفاده تابع تولید مرزی تصادفی (SFA)، و تکنیک‌های پانل دیتا، تابع تولید بخش صنعت کشور ایران را به تفکیک کدهای چهار رقمی ISIC برآورد نماید و به دنبال آن کارایی فنی (TE)[4] را محاسبه و رتبه‌بندی کند. در پایان، با توجه به نتایج پژوهش در خصوص چگونگی تولید و کارایی در بخش صنعت کشور، توصیه‌هایی برای کمک به توسعه این بخش ارائه می‌شود. در بخش‌های بعدی، مبانی نظری پژوهش، روش‌شناسی، یافته‌ها، و بحث و نتیجه‌گیری بررسی می‌شوند.

1. Farrell
2. Stochastic Frontier Analysis
3. International Standard Industrial Classification
4. Technical Efficiency

مبانی نظری پژوهش

همواره ارتباط بسیاری بین دو واژه بهره‌وری و کارایی وجود داشته و همین امر موجب شده است که بحث‌های بسیاری پیرامون تشخیص و جداسازی این دو واژه اقتصادی انجام گیرد. اقتصاددانان به‌طور معمول کارایی را تحت شرایط رقابت کامل تعریف می‌کنند. به نظر هایک[1] (۱۹۴۹)، کارایی وقتی وجود دارد که نرخ نهایی جانشینی[2] بین دو کالا یا عوامل تولیدی در تمامی استفاده‌های مختلفی که از آن‌ها می‌شود، یکسان باشد. هیرشلیفر و گلیزر[3] (۱۹۹۲)، ادعا می‌کنند کارایی در زمانی است که تعادل پرتو برقرار باشد[4]. سامانث[5] (۱۹۸۴)، معتقد است که کارایی عبارت است از نسبت ستاده واقعی به ستاده استاندارد یا ستاده مورد انتظار. سینگ[6] (۱۹۷۵)، کارایی را این‌گونه تعریف می‌کند: کارایی در اقتصاد به مفهوم تخصیص بهینه منابع است و در مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، هنگامی یک فعالیت کاراست که مقدار تولید آن قابل‌افزایش نباشد، مگر تولید سایر فعالیت‌ها کاهش یابد. تعاریف مختلف دیگری نیز از کارایی وجود دارد که همگی بر به‌دست‌آوردن محصول بیش‌تر، بهتر یا استاندارد از یک نهادهٔ ثابت و مشخص دلالت دارند. فارل (۱۹۵۷)، برای اولین بار تفکیک انواع کارایی را ارائه می‌کند. در تقسیم‌بندی کارایی به‌طور معمول آن را به سه گروه تقسیم می‌کنند که شامل کارایی فنی، تخصیصی[7]، و اقتصادی[8] است[9]. در خصوص پژوهش‌های اولیه و مؤثر تحلیل مرزی تصادفی باید به کوپمنس[10] (۱۹۵۱)، دبرو[11] (۱۹۵۱)، شپرد[12] (۱۹۵۳)، و فارل (۱۹۵۷) اشاره نمود. آیگنر و همکاران[13] (۱۹۷۷)، برای برآورد

1. Hayek
2. Marginal Rate of Substitution
3. Hirshleife & Glazer

۴. افزایش در مطلوبیت یک یا چند شخص بدون کاهش در مطلوبیت دیگران امکان‌پذیر نیست.

5. Sumanth
6. Singh
7. Allocative
8. Economic

۹. کارایی فنی عبارت است از بیش‌ترین تولید ممکن که می‌توان از مقدار مشخصی از عوامل تولید به‌دست آورد. کارایی تخصیصی عبارت است از بکارگیری ترکیبی از عوامل تولید که کم‌ترین هزینه را برای واحد داشته باشد، به‌طوری که با توجه به سطح مشخص محصول، بیش‌ترین سود به‌دست آید. و کارایی اقتصادی عبارت است از توانایی واحد تولیدی در به‌دست‌آوردن بیش‌ترین سود ممکن با توجه به قیمت و سطوح نهاده‌ها.

10. Koopmans
11. Debreu
12. Shephard
13. Aigner *et al*.

کارایی و تخمین مدل تابع تولید مرزی تصادفی[1] برحسب تعریف فارل (۱۹۵۷) نتیجه‌گیری می‌کنند که انحراف از تولید مرزی ممکن است تحت کنترل بنگاه‌های تولیدی نباشد و توصیه می‌کنند که در برآورد کارایی، تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر توابع مرزی ضرورت دارد. جاندرو و همکاران[2] (۱۹۸۲)، با بررسی این موضوع که در برآوردهای اولیه مدل‌های مرزی تصادفی، تنها به برآورد متوسط کارایی تمام بنگاه‌های مورد بررسی اکتفا می‌گردید و مشخص نبودن این‌که آیا عملکرد مشاهده‌شده یک بنگاه خاص در مقایسه با مرز تولید، ناشی از ناکارایی است یا به علت تغییرهای تصادفی، نقد وارد می‌کنند و آن را با اندازه‌گیری مجزای کارایی هر یک از بنگاه‌ها مرتفع می‌کنند، که تحولی بزرگ در محاسبه کارایی و تخمین توابع مرزی است. پیت و لی[3] (۱۹۸۱)، به گسترش کاربرد مدل‌های توابع مرزی تصادفی با استفاده از داده‌های پانلی می‌پردازند و نتیجه‌گیری می‌کنند که در این شکل از کاربرد مدل، علاوه بر برآورد سطح کارایی فنی بنگاه‌ها، امکان بررسی همزمان تغییرهای فناورانه و تغییرهای کارایی فنی هر یک از بنگاه‌ها در زمان وجود دارد و این‌گونه، برآورد تخمین مناسب‌تری از روندهای زمانی در ناکارایی فنی ارائه می‌کنند. کوئلی و همکاران[4] (۱۹۹۸)، موجبات توسعه مدل‌های تحلیل مرزی را با روش‌های برآورد پانل دیتا فراهم می‌کنند و نشان می‌دهند که در این مدل‌ها فرض بر این است که کارایی فنی در طول زمان تغییر نمی‌کند (کارایی فنی در طول زمان ثابت می‌ماند)، و آن را اصلاح و گسترش می‌دهند و تصریح می‌کنند که ساختار فناوری در طی زمان متغیر است، که کورنول و همکاران[5] (۱۹۹۰)، کامباکار[6] (۱۹۹۰)، بتیس و کوئلی[7] (۱۹۹۲)، موک و همکاران[8] (۲۰۰۵)، و گرین[9] (۲۰۰۵)، نیز با این رویکرد کار می‌کنند. بیگستن و همکاران[10] (۲۰۰۰)، به ارزیابی تاثیر صادرات بر کارایی با استفاده از داده‌های بخش تولید در چهار کشور آفریقایی می‌پردازند. آن‌ها با استفاده از مدل تولید مرزی تصادفی در دوره ۱۹۹۵-۱۹۹۲ نشان می‌دهند که صادرات به لحاظ سطح و رشد بر بهره‌وری اثرگذار است، همچنین، تاثیر صادرات بر میزان بهره‌وری در این کشورها بیش از پژوهش‌های

1. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Models
2. Jondrow *et al*.
3. Pitt & Lee
4. Coelli *et al*.
5. Cornwell *et al*.
6. Kumbhakar
7. Battese & Coelli
8. Mok *et al*.
9. Greene
10. Bigsten *et al*.

مشابه در سایر مناطق است. محدنور و اسماعیل[1] (۲۰۰۷)، در ارزیابی کارایی فنی در صنایع مالزی نتیجه می‌گیرند که بیش‌تر بنگاه‌ها در مالزی به‌نسبت ناکارا هستند و اندازه بنگاه‌ها و سطح فناوری اثر مثبت و معناداری بر میزان کارایی فنی بنگاه‌ها دارد. کالماسور[2] (۲۰۱۶)، در تجزیه‌وتحلیل کارایی فنی در صنایع خودروسازی ترکیه در دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۲ با استفاده از تحلیل‌های مرزی تصادفی و داده‌های پانل ۲۰ شرکت نتیجه‌گیری می‌کند که سطح کارایی فنی شرکت‌هایی که در دوره مربوطه در بخش خودروسازی ترکیه فعالیت می‌کنند، با ناکارامدی مواجه هستند و رابطه مثبت بین نسبت استفاده از ظرفیت، شدت صادرات، و رابطه منفی بین سن شرکت و کارایی فنی در این شرکت‌ها وجود دارد. کیوسادا[3] (۲۰۱۷)، کارایی فنی در صنایع لبنی اروگوئه را با استفاده از تحلیل‌های مرزی تصادفی و تابع تولید مرزی تصادفی کاب ـ داگلاس[4] بررسی می‌کند و نتیجه می‌گیرد در ۴۰ سال گذشته در این صنایع به‌طور مداوم کارایی فنی در حال رشد است که از کاربرد فناوری‌های جدید ناشی می‌شود و اثرهای قابل‌توجهی بر سیستم تولید دارد. فهمی‌عبدالله و همکاران[5] (۲۰۱۸)، با بررسی میزان کارایی و تجزیه‌وتحلیل عوامل تعیین‌کننده ناکارایی صنعت نساجی در مالزی نشان می‌دهد که میزان کارایی صنعت نساجی در مالزی حدود ۰/۸۵ است و متغیرهای نسبت سرمایه به نیروی کار، دستمزد، و هزینه ICT نقش مهمی در کاهش ناکارامدی صنعت نساجی در مالزی دارند.

غلامی و مهرابی بشرآبادی (۱۳۹۵)، اثر مالکیت و مدیریت را بر ناکارایی صنایع تولیدی در استان‌های مختلف ایران با استفاده از توابع تولید مرزی تصادفی محاسبه می‌کنند و نشان می‌دهند که متوسط کارایی فنی در استان تهران بیش‌ترین و در استان کهگیلویه و بویراحمد کم‌ترین است، و مدیریت دولتی بر کارایی اثر منفی دارد. سجادی‌فر و همکاران (۱۳۹۴)، نتیجه‌گیری می‌کنند که در دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۷ تغییرهای کارایی در ایران روند نزولی دارد و جایگاه ایران نسبت به سایر کشورها در وضعیت مطلوب‌تری قرار ندارد. اصغرپور و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی تاثیر صادرات بر کارایی ۱۵ زیربخش صنعتی محصولات شیمیایی و فلزات اساسی در سطح کدهای چهار رقمی می‌پردازند و برای کارایی فنی زیربخش‌ها از تابع تولید مرزی تصادفی و رویکرد داده‌های پانل پویا (DPD)[6] استفاده می‌کنند. آن‌ها نشان می‌دهند که صادرات، واردات فناوری خارجی، سرمایه انسانی، و اندازه بنگاه اثر

1. Mohd Noor & Ismail
2. Çalmaşur
3. Quesada
4. Cobb–Douglas
5. Fahmy-Abdullah *et al*.
6. Dynamic Panel Data

مثبت و معناداری بر کارایی زیربخش‌های صنعتی محصولات شیمیایی و فلزات اساسی ایران دارد. شیهکی‌تاش و همکاران (۱۳۹۳)، با ارزیابی عوامل موثر بر ناکارایی فنی صنایع کارخانه‌ای و با استفاده از کدهای دو رقمی ISIC در دوره ۱۳۸۸-۱۳۷۴ و تابع مرزی تصادفی نتیجه‌گیری می‌کنند که در دوره مورد بررسی کارایی در صنایع کشور افزایش یافته است. همچنین نشان می‌دهند صنایعی که از ساختار متمرکزتری برخوردارند، میزان ناکارایی بالاتری دارند. زرانژاد و همکاران (۱۳۹۱)، بیان می‌کنند که میانگین کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران در دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۵، ۰/۵۵ است. همچنین، افزایش شدت انرژی، افزایش کارایی، و افزایش اندازه صنایع کارخانه‌ای ایران، سطح ناکارایی را کاهش نمی‌دهد. سوری و همکاران (۱۳۹۰)، کارایی شرکت‌های پخش در توزیع کالا را با دو فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس ارزیابی می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که با فرض اول (بازدهی ثابت نسبت به مقیاس)، تعداد محدودی از شرکت‌ها کارا هستند و با اضافه شدن فرض دوم (بازدهی متغیر نسبت به مقیاس)، شرکت‌های بیش‌تری در گروه شرکت‌های کارا قرار می‌گیرند.

مباحث کارایی به صورت مدون و نظام‌یافته با دبرو (۱۹۵۱)، و کوپمس (۱۹۵۱) آغاز می‌شود و توسط فارل (۱۹۵۷) تکمیل می‌شود. فارل (۱۹۵۷)، از کارایی اقتصادی به عنوان درجه موفقیت بهره‌بردار در کمینه کردن هزینه تولید میزان معینی از محصول یاد می‌کند. وی کارایی اقتصادی را به دو بخش تخصیصی (قیمتی) و فنی (تکنیکی) تقسیم می‌کند. فارل (۱۹۵۷)، تامین کارایی تخصیصی را در بکارگیری ترکیب بهینه عوامل تولید نشان می‌دهد. به اعتقاد وی هرگاه، با توجه به قیمت‌ها، نهاده‌ها به نحوه مناسب تخصیص یابد، سود بیشینه می‌شود، و می‌توان گفت کارایی تامین است. از طرف دیگر، واحدی از نظر فنی کاراست که بتواند از مصرف میزان معینی از عوامل تولید، بیش‌ترین محصول دسترس‌پذیر را پدید آورد. به بیان دیگر، برای تامین کارایی فنی باید بهره‌بردار روی تابع تولید مرزی عمل کند. تابع تولید مرزی نمایانگر بیش‌ترین محصول تولیدپذیر از مصرف مقدار معینی از عوامل تولید است. بنابراین، بهره‌برداری از نظر اقتصادی کاراست که با عمل روی تابع تولید کارا و انتخاب ترکیب بهینه عوامل تولید، موجب بیشینه شدن سود و در نتیجه، تامین کارایی اقتصادی شود.

تابع تولید مرزی تصادفی

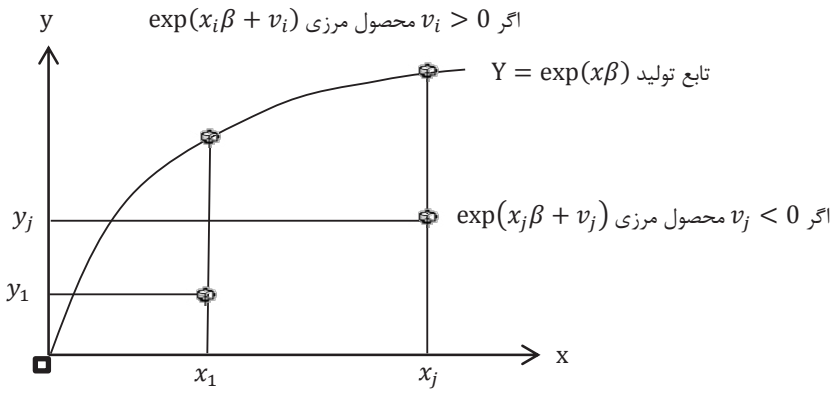
این روش بنا بر مدل‌های اقتصادسنجی و نظریه‌های اقتصاد خرد است و می‌تواند در تحلیل‌ها از انواع آزمون‌های آماری استفاده شود. در این روش، ابتدا تابع تولید با توجه به فروض در نظرگرفته‌شده تخمین زده می‌شود و با توجه به تابع اشاره‌شده، کارایی اندازه‌گیری می‌شود. همچنین، برتری مدل‌های مرزی تصادفی نسبت به مدل‌های معمولی اقتصادسنجی در این است که در برازش، نقاط متوسط را در

نظر نمی‌گیرند، بلکه نقاط مرزی و سرحد را لحاظ می‌کنند. تحلیل مرزی تصادفی به‌طور مستقل توسط ایگنر و همکاران (۱۹۷۷)، و میوسن و وان‌دن‌بروک[1] (۱۹۷۷) ارائه می‌شود. این تحلیل شامل یک تابع تولید و یک جمله خطای مرکب[2] دوجزیی است. یک جزء بیانگر عوامل تصادفی و دیگری نشان‌دهنده ناکارایی فنی است. در روش پارامتریک آماری دلیل تفاوت بین تابع واقعی و تابع مرزی عامل ناکارایی فنی و تصادف است. بدین معنی که اگر عملکرد بنگاهی متفاوت از تابع مرزی باشد، بخشی از آن به دلیل ناکارایی فنی (U_i)، و بخش دیگر آن به دلیل عامل تصادف (V_i)، نظیر خوش‌شانسی، آب‌وهوا، و عملکرد ماشین‌هاست. تابع تولید مرزی تصادفی را می‌توان به صورت رابطه (۱) تعریف کرد:

$$Y_i = f\left(X_i, \beta\right)\exp\left(V_i, U_i\right) \qquad i = 1,2,3,\ldots,N \qquad (۱)$$

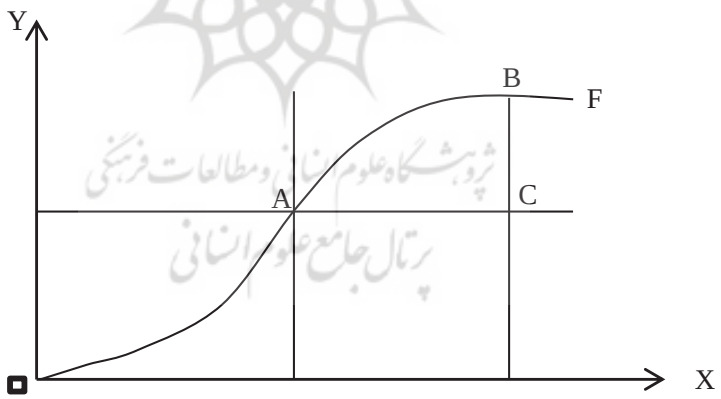
Y_i: محصول بنگاه iام، X_i: بردار نهاده‌ها در بنگاه iام، β: بردار پارامترها، و V_i: جزء اخلال (تصادفی) که جزء متقارنی است و تغییرهای تصادفی تولید در بخش صنعت را که ناشی از تاثیر عوامل خارج از کنترل تولیدکننده است، نشان می‌دهد و دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_V^2 است. Ui: به کارایی فنی تولید مربوط می‌شود، این جزء دارای توزیع نیمه‌نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_U^2 است. حاصل (V_i-U_i)، نامتقارن و غیرنرمال است که درجه غیرمتقارن بودن آن بستگی به مقدار $\lambda = \frac{\sigma_U}{\sigma_V}$ دارد. اگر λ=0 باشد، تابع به رگرسیون معمولی با جمله اخلال با توزیع نرمال تبدیل خواهد شد، و Vi نمایانگر بخشی از جمله خطا است که مربوط به متغیرهای تصادفی کنترل‌ناپذیر هر بنگاه می‌شود. این مدل به‌نحوی است که مقادیر ممکن Yi از بالا توسط مقدار تصادفی f(Xi , β) exp (Vi محدود شده است. اگر Vi > 0 باشد، مقدار محصول مرزی بهره‌برداری مورد نظر می‌تواند بالای تابع تولید قطعی f(Xi , β) قرار گیرد. به عبارت دیگر، بهره‌بردار با شرایط مساعدی روبه‌روست که موجب افزایش محصول خود می‌شود. به همین نحو، اگر Vi < 0 با شرایط نامساعد روبه‌رو باشد، مقدار محصول مرزی او زیر تابع تولید معین f(Xi , β) واقع خواهد شد (نمودار ۱). در تابع مرزی تصادفی جمله خطا ($E_i = V_i - U_i$) دارای دو بخش است، جزء نخست جمله دارای توزیع متقارن و نمایانگر خطای آماری است ($N\sim(۰,\delta^2_v)$، در حالی که جزء دوم نمایانگر تاثیرات ناکارایی فنی است.

1. Meeusen & Van Den Broeck
2. Compound Error



نمودار ۱: تابع تولید مرزی تصادفی

در نمودار (۲)، تابع تولید مرزی یک فرایند تولیدی ساده با یک عامل تولید (x) و یک محصول تولیدی (y) نشان داده شده است. این تابع مرزی، بیش‌ترین تولید دسترس‌پذیر را از سطوح مختلف عوامل تولید در فناوری معینی نشان می‌دهد.



نمودار ۲: تابع تولید مرزی و کارایی فنی

بر اساس این، بنگاه‌هایی که روی تابع تولید مرزی قرار دارند، از کارایی فنی برخوردارند. بدین معنا که این بنگاه‌ها با استفاده از نهاده‌های موجود بیش‌ترین محصول را تولید می‌کنند. ولی بنگاه‌هایی که در زیر این تابع قرار دارند، با ناکارایی مواجه هستند. با در نظرگرفتن مطالب یادشده می‌توان چنین

گفت که بنگاه در نقطه C با مشکل ناکارایی مواجه است، برخلاف نقاط A و B. پس نقاط روی تابع مرزی (OF)، مجموعه‌ای از نقاط کارا را نمایندگی می‌کند (نمودار ۲). با توجه به رابطه (۱)، می‌توان گفت انحراف نقاط مشاهده‌شده از تابع تولید مرزی به دو بخش U_i و V_i بستگی دارد که از نظر ماهیت با یکدیگر متفاوت هستند. V_i متغیر تصادفی است و فرض می‌شود دارای توزیع مستقل یکسان[1] از U_i است. U_i: متغیر تصادفی مستقل غیرمنفی و بیانگر ناکارایی فنی در تولید است، بدین صورت که با فرض سطح معینی از فناوری و نهاده ممکن است تولید از مقدار بالقوه‌اش کم‌تر شود. همچنین، فرض می‌شود که $U_i \sim iid\ N(0,\sigma^2_u)$ یعنی U_iها مستقل و دارای توزیع نرمال یکسان با میانگین صفر و واریانس σ^2_u است. با توجه به رابطه دوگان تولید و هزینه می‌توان از فرم تابع هزینه استفاده کرد، با این تغییر که به‌جای جمله خطای V_i-U_i از جمله خطای U_i+V_i استفاده می‌شود که در آن U_i شامل اطلاعات مربوط به ناکارایی فنی بنگاه iام است. متغیر Y_{it} تولید واقعی هر بنگاه یا بخش است، Y^*_{it} بیش‌ترین تولید امکان‌پذیر با استفاده از فناوری موجود است که خواهیم داشت:

$$TE = \frac{Y_{it}}{Y^*_{it}}, \qquad 0 \le TE \le 1$$

$$Y_{it} = Y^*_{it} \times TE = (X_{it}, \beta) \qquad (۲)$$

$$Y_{it} = f(X_{it}, \beta)\exp(-u_{it}), \ u \ge 0$$

$$Y_{it} = f(X_{it}, \beta)\exp(v_{it})\exp(-u_{it}), \ u \ge 0, v \le 0$$

$f(X,\beta)$ که روند غیرتصادفی دارد و $\exp(v)$ اثرهای شوک‌های برون‌زا و $\exp(-u)$ ناکارایی را نشان می‌دهد و $f(X,\beta)\exp(v)$ تابع تصادفی مرزی است.

$$TE = \frac{Y_{it}}{f(X_{it}, \beta)\exp(v_{it})} = \frac{f(X_{it}, \beta)\exp(v_{it})\exp(-u_{it})}{f(X_{it}, \beta)\exp(v_{it})} \qquad (۳)$$

$$TE = \exp(-u_{it})$$

اگر $u_i = 0$ باشد، آنگاه کارایی برابر با ۱۰۰ درصد است.

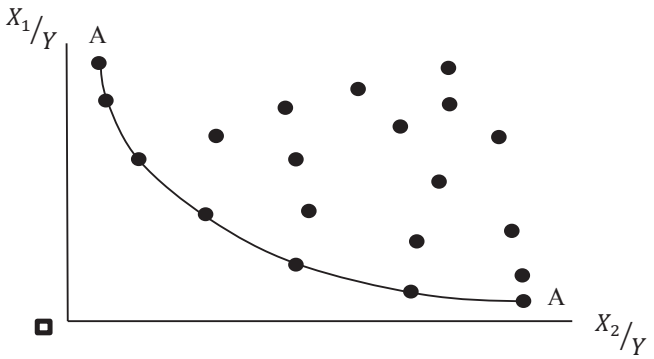
1. Identical Independent Distribution ≡ i.i.d.

روش تحلیل پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] توسط چارنز و همکاران[2] (۱۹۸۷)، با جامعیت بخشیدن به روش فارل (۱۹۵۷) به‌گونه‌ای که خصوصیت فرایند تولید با چند عامل تولید و چند محصول را در بر گیرد، به ادبیات اقتصادی اضافه می‌شود. این روش که بیش‌تر به عنوان روش اندازه‌گیری کارایی در جهان شناخته می‌شود، در حین اندازه‌گیری کارایی نوع بازده نسبت به مقیاس تولید را به تفکیک برای بنگاه‌ها ارائه می‌کند، با پیشرفت و تکامل این روش، در حال حاضر روش DEA یکی از حوزه‌های فعال پژوهشی در اندازه‌گیری کارایی است و به‌طور چشمگیری مورد استقبال پژوهشگران است. این روش که تکنیک برنامه‌ریزی خطی را بکار می‌گیرد از جمله روش‌های ناپارامتریک تخمین توابع تولید یکسان است.

نمودار (۳)، نشان‌دهنده ترکیب استفاده از عوامل X_1 و X_2 برای تولید یک واحد محصول (Y) در بنگاه‌های مختلف است، با اتصال نقاطی که به محورها و مبدا مختصات نزدیک‌تر هستند، تابع محدبی به‌دست می‌آید که هیچ نقطه‌ای در زیر آن قرار ندارد، منحنی به‌دست‌آمده تابع تولید یکسان کارا نامیده می‌شود. اگر برای تولید یک محصول نیاز به بیش از دو عامل تولید باشد، ترسیم منحنی تابع تولید یکسان از راه هندسی بسیار مشکل می‌شود و در واقع، روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) به منظور غلبه بر چنین مشکلی ابداع می‌گردد. در شرایطی که بنگاه‌ها برای تولید محصول یا محصولات خود به بیش از یک عامل تولید نیاز داشته باشند، هر بنگاه تولیدی با توجه به نوع و میزان عوامل تولیدش به مثابه نقطه‌ای در فضا در نظرگرفته می‌شود که ابعاد این فضا توسط عوامل تولید و مختصات نقطه، توسط میزان استفاده از هر عامل تولید تعیین می‌شود. آنگاه با انتخاب یک بنگاه تولیدی به عنوان بنگاه مورد بررسی به کمک برنامه‌ریزی خطی، موقعیت این بنگاه تولیدی نسبت به سایر بنگاه‌ها سنجیده می‌شود. این عمل باید به تعداد بنگاه‌ها تکرار شود و بنابراین، به تعداد بنگاه‌ها، مدل برنامه‌ریزی خطی وجود خواهد داشت.

1. Data Envelopment Analysis
2. Charnes *et al*.



نمودار ۳: منحنی تولید یکسان کالا

در این مدل، بنگاه‌هایی که بر طبق اصول کم‌ترین هزینه (کارا) فعالیت می‌کنند، روی تابع تولید یکسان قرار می‌گیرند و برای آن‌ها میزان کارایی ۱۰۰ درصد اعلام می‌گردد. برای تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، در تخمین تابع تولید یکسان به پیش‌فرض خاصی در مورد شکل تابع نیازی نیست. این روش کارایی یک بنگاه را نسبت به کارایی سایر بنگاه‌ها اندازه‌گیری می‌کند. در این محاسبه فرض بر این است که تمام بنگاه‌ها بر یا بالای منحنی تولید یکسان قرار دارند. ابداع‌کنندگان این روش تعریف مهندسی کارایی را که به صورت نسبت یک محصول به عوامل تولید است، به چند عامل تولید و چند محصول (بدون این‌که به وزن‌های از پیش تعیین‌شده نیاز باشد) تعمیم می‌دهند.

مقایسه روش‌های (SFA) و (DEA)

در روش تحلیل فراگیر داده‌ها از تکنیک برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌شود و کارایی به وسیله انجام یک‌سری بهینه‌سازی به صورت مجزا برای هر بنگاه محاسبه می‌گردد. در این روش، عوامل تولید و محصولات می‌توانند واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی داشته باشند. در روش DEA، یک گروه معنادار به نام الگو یا مجموعه مرجع برای هر یک از مشاهده‌های غیرکارا به منظور الگوبرداری در افزایش کارایی مشخص و ارائه می‌شود. علاوه بر این، روش DEA قادر است مدل‌هایی با چند عامل تولید و چند محصول را مورد بررسی قرار دهد. در روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)، ناکارایی نسبت به تابع مرزی با استفاده از داده‌های آماری تخمین زده می‌شود که مستلزم مشخص نمودن شکل تابع است. روش SFA، به این دلیل روش مطلوبی است که تعریف بهتری از ناکارایی بر پایه نظریه اقتصاد خرد ارائه می‌کند. به عبارت دیگر، SFA با مباحث نظری تولید در توضیح روابط بین عوامل تولید و محصولات سازگار و منطبق

است. برگزیدن یکی از این دو روش در برآورد ناکارایی یا اندازه‌گیری کارایی به موضوع مطالعه بستگی تام دارد. تخمین توابع تولید مرزی تصادفی مورد نیاز روش SFA، برای بنگاه‌های چندعامل تولیدی و چندمحصولی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، ولی روش DEA، در این خصوص کاربرد دارد. اگر میزان عوامل تولید و محصول، بیش‌تر از همه تابع یک سازوکار اتفاقی و تصادفی (آب‌وهوا، خوش‌شانسی و بدشانسی، و خرابی ماشین‌ها) باشد، گزینش روش SFA یک انتخاب ارجح است.

جدول ۱: مقایسه روش‌های (SFA) و (DEA)

ردیف	ویژگی	روش	نتیجه
۱	پارامتریک/ ناپارامتریک	(DEA)	پارامتریک
		(SFA)	ناپارامتریک
۲	مد نظر قرار دادن جمله اخلال	(DEA)	خیر
		(SFA)	بلی
۳	روش تخمین	(DEA)	برنامه‌ریزی خطی
		(SFA)	اقتصادسنجی
۴	موارد قابل‌اندازه‌گیری	(DEA)	کارایی فنی، تخصیصی، مدیریتی، بازده نسبت به مقیاس اقتصادی، تغییر در بهره‌وری کل، و تغییرهای فناوری
		(SFA)	کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی، و بازده نسبت به مقیاس اقتصادی
۵	متغیرهای مورد نیاز	(DEA)	مقادیر عوامل تولید و محصول برای کارایی فنی، مقادیر و قیمت‌های عوامل‌تولید، و محصول برای کارایی تخصیصی
		(SFA)	مقادیر عوامل تولید و محصول برای کارایی فنی، مقادیر محصول، هزینه و قیمت‌های عوامل‌تولید برای کارایی تخصیصی

به‌طور خلاصه می‌توان گفت برای تحلیل و اندازه‌گیری کارایی دو روش SFA و DEA به صورت مکمل یکدیگر عمل می‌نمایند. اگر این روش‌ها در کنار یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند، به‌طور حتم از درجه اعتماد بالایی برخوردار خواهند بود و خواهند توانست مدل مناسبی برای افزایش کارایی ارائه دهند. همچنین، با مقایسه این دو روش می‌توان الگویی را برای واحدهای ناکارا تعریف کرد تا بدین

وسیله این‌گونه بنگاه‌ها خود را به مرز کارایی برسانند و از منابع و امکانات به‌نحو بهینه استفاده کنند.

روش‌شناسی پژوهش

تابع ترانسلاگ[1] از اشکال انعطاف‌پذیری است که برای تخمین مستقیم تابع تولید بکار می‌رود و به پژوهشگران اجازه می‌دهد که آزمایش‌های مربوط به نظریه تولید را انجام دهند و کشش‌ها و سایر پارامترهای تولید را تحت یک‌سری مفروض‌های اولیه تخمین بزنند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تابع ترانسلاگ یک تخمین‌زن خوب و معقول برای تابع تولید است که میزانی از اخلال در این رابطه با پیچیده‌تر شدن فناوری یا فاصله گرفتن کشش‌های جانشینی از مقادیر ایده‌آل اتفاق می‌افتد. حال فرض می‌کنیم یک واحد تولیدی با دو عامل کار و سرمایه، و با استفاده از تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES)[2] مطابق با رابطه (۴) به تولید می‌پردازد.

$$q = \gamma\left(\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}\right)^{-v/\rho} \quad , \quad \rho \geq 1 \ , \ \gamma \geq 0 \quad , 0 < \delta \prec 1, \ v \succ 0 \qquad (۴)$$

در رابطه (۴) q نشانگر مقدار تولید، L نیروی کار، K مقدار سرمایه، v پارامتر بازده نسبت به مقیاس، ρ پارامتر جانشینی، δ پارامتر، و λ پارامتر کارایی است. با لگاریتم‌گیری و بسط تیلور[3] حول نقطه ρ=0 رابطه (۴) به صورت رابطه (۵) بازنویسی می‌شود.

$$Log(q) = \left[\left(Log(\gamma) + \left(-\frac{v}{\rho}\right) A(\rho)\right]\right. \qquad (۵)$$
$$A(\rho) = Log\left[\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}\right]$$

اکنون با توجه به آن‌که رابطه بالا غیرخطی است، با استفاده از بسط تیلور آن را خطی می‌کنیم. تبدیل خطی تابع A(ρ) با استفاده از بسط تیلور حول نقطه ρ=0 به صورت رابطه (۶) است.

$$A(\rho) = A(0) + \rho A'(0) + \rho^{\frac{2}{2!}} A''(0) + \ldots \qquad (۶)$$

در رابطه (۶)، A' و A" به‌ترتیب نشانگر مشتق‌های اول و دوم است.

1. Translog Function
2. Constant Elasticity of Substitution
3. Taylor Series

$$A(0)=0$$
$$A'(0)=-(\delta Log(K)+(1-\delta)Log(L)) \quad (۷)$$
$$A''(0)=\delta(1-\delta)(Log(K)-Log(L))$$

با استفاده از روابط (۶) و (۷)، رابطه (۵) به صورت زیر قابل‌بازنویسی است.

$$Log(q)=Log(\gamma)+\left(-\frac{v}{\rho}\right)[-\rho(\delta Log(K)+(1-\delta)Log(L) \quad (۸)$$
$$+\left(\frac{\rho^2}{2}\right)(1-\delta)(Log(K)-Log(L))^2$$

$$Log(q)=\beta_1+\beta_2 Log(K)+\beta_3 Log(L)-\beta_4(Log(K)-Log(L))^2 \quad (۹)$$

به‌جای ضرایب رابطه (۸)، در رابطه (۹) از ضرایب β با تعاریف زیر استفاده می‌شود.

$$\beta_1=Log(\gamma)$$
$$\beta_2=v\delta$$
$$\beta_3=-\left(\frac{v}{\rho}\right)(1-\rho)$$
$$\beta_4=\rho^2[2\delta(1-\delta)]$$

بر اساس این، تابع ترانسلاگ برای دو عامل تولید به صورت تابع (۱۰) است:

$$Log(q)=\beta_0+\beta_K Log(P_K)+\beta_L Log(P_L)+\beta_K K(Log(P_K))^2 \quad (۱۰)$$
$$+\beta_L L(Log(P_L))^2+\beta_K L(Log(P_k))Log(P_L)$$

استفاده از این تابع دارای مزیت‌هایی است مانند: امکان تغییر کشش و مقیاس همراه با تغییر محصول و عوامل تولید متناسب با آن وجود دارد؛ تابع تقاضای عوامل تولید از شیب منفی برخوردار است؛ اثرهای قیمتی متقاطع وجود دارد؛ تغییرهای هزینه نهایی و قیمت عوامل تولید برابر با تغییرها در تقاضای عوامل تولید است؛ مجموع کشش قیمتی کالا و کشش قیمتی متقاطع برابر صفر است؛ افزایش در هزینه‌ها با یک نسبت مشخص می‌تواند به افزایش قیمت (هزینه) به همان میزان بیانجامد، و در نهایت میزان تولید را ثابت نگه دارد.

در توجیه ضرایب تابع ترانسلاگ باید به این نکته توجه ویژه‌ای داشت که تابع ترانسلاگ از انواع

غیرخطی تابع تولید است و پس از تخمین، ضرایب مانند ضرایب تابع کاب-داگلاس معرف کشش نهاده‌ها نیستند، بلکه برای تعیین میزان اثرگذاری هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته مدل باید مشتق تابع نسبت به هر کدام از متغیرهای مستقل محاسبه شود و سپس طبق فرمول کشش، میزان کشش متغیر مورد نظر برآورد شود، که این موضوع بیانگر این واقعیت است که ضرایب متغیرهای مستقل به‌تنهایی نشان‌دهنده میزان تاثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته مدل نیستند.

$$\frac{\partial Ln(Y)}{\partial Ln(L)} = \beta_1 + \beta_3 Ln(L) + \beta_5 Ln(K)$$
$$\frac{\partial Ln(Y)}{\partial Ln(K)} = \beta_2 + \beta_4 Ln(K) + \beta_5 Ln(L) \qquad (11)$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\frac{dLn(Y)}{dLn(L)} = \frac{\partial Ln(Y)/Y}{\partial Ln(L)/L} = \frac{\partial Ln(Y)}{\partial Ln(L)} \times \frac{L}{Y} = [\beta_1 + \beta_3 Ln(L) + \beta_5 Ln(K)] \times \left(\frac{L}{Y}\right)$$
$$\frac{dLn(Y)}{dLn(K)} = \frac{\partial Ln(Y)/Y}{\partial Ln(K)/K} = \frac{\partial Ln(Y)}{\partial Ln(K)} \times \frac{K}{Y} = [\beta_2 + \beta_4 Ln(K) + \beta_5 Ln(L)] \times \left(\frac{K}{Y}\right) \qquad (12)$$

تابع تولید ترانسلاگ که در این پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد به شکل تابع (۱۳) است:

$$Ln(Q) = \beta_0 + \beta_L Ln(L) + \beta_K Ln(K) + \beta_E Ln(E) + \beta_{LK} Ln(L) \times Ln(K)$$
$$+ \beta_{LE} Ln(L) \times Ln(E) + \beta_{KE} Ln(K) \times Ln(E) + \frac{1}{2}\beta_{LL} Ln(L)^2 \qquad (13)$$
$$+ \frac{1}{2}\beta_{KK} Ln(K)^2 + \frac{1}{2}\beta_{EE} Ln(E)^2 + U_i - V_t$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

که در آن:

Q: ارزش‌افزوده هر بخش صنعت به تفکیک کدهای چهار رقمی ISIC است، L: تعداد نیروی کار استفاده‌شده در هر گروه است، E: ارزش انواع سوخت و برق مصرف‌شده در بخش‌های مختلف صنعت است، K: میزان سرمایه مورد استفاده در هر گروه است که برابر با موجودی سرمایه (ارزش خرید یا تحصیل اموال سرمایه‌ای و هزینه تعمیرات اساسی اموال سرمایه‌ای منهای ارزش فروش یا انتقال اموال سرمایه‌ای)، در گروه‌های مختلف است که به صورت رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$K_{t+1} = (1-\rho)K_t + I_{t+1} \qquad (14)$$

در این رابطه K_t و K_{t+1} موجودی سرمایه در دوره t و t+1 است، ρ نرخ استهلاک، و I_{t+1} سرمایه‌گذاری در زمان t+1 است. نرخ استهلاک در این پژوهش ۱۰ درصد در نظرگرفته شده است. β_iها: پارامترهای مدل هستند و باید تخمین زده شوند. U_i و V_i: اجزای جمله اخلال هستند. به لحاظ تجربی استخراج توابع مرزی به صورت پارامتریک و ناپارامتریک امکان‌پذیر است. در روش ناپارامتریک، اثرهای تصادفی در سنجش کارایی لحاظ نمی‌گردد، یعنی اگر در این روش پس از محاسبه تابع مرزی، نقطه یا نقاطی در زیر تابع تولید یا بالای تابع مرزی محاسبه‌شده مشاهده گردد، این نقاط توسط روش ناپارامتریک توجیه‌پذیر نیست. به عبارتی دیگر، عامل تصادف در این روش معنا ندارد، ولی در روش پارامتریک این مشکل برطرف می‌شود. روش پارامتریک تعریف بهتری از ناکارایی بر پایه نظریه‌های اقتصادی ارائه می‌کند، یعنی این روش با نظریه تولید در توضیح روابط بین عوامل تولید و محصول، بیش‌تر سازگار و منطبق است. با توجه به آن‌که روش پارامتریک بر اساس مدل‌های اقتصادسنجی است، انواع آزمون‌های آماری را می‌توان به وسیله این روش انجام داد و درستی یا نادرستی فرضیه‌ها را بررسی کرد. در روش پارامتریک، محاسبه‌ها بر اساس تخمین‌هایی از توابع تولید و هزینه انجام می‌گیرد و تابع تولید برای مدلسازی بنگاه‌ها مناسب‌تر است، به همین دلیل در این پژوهش از تابع تولید پارامتریک استفاده می‌شود.

برتری مدل‌های مرزی تصادفی نسبت به مدل‌های معمولی اقتصادسنجی در این است که در برازش تابع، نقاط متوسط[1] را در نظر نمی‌گیرد، بلکه نقاط مرزی و سرحد[2] را لحاظ می‌کند و از آن‌جایی‌که در تابع تولید، اطلاعات کاملی از میزان عوامل تولید و محصول وجود دارد، کارایی راحت‌تر محاسبه می‌شود. استفاده از تابع تولید مرزی در حالتی که محصول درون‌زا و عوامل تولید برون‌زا باشد، در اندازه‌گیری ناکارایی تخصیصی و ناکارایی فنی روش مناسبی است. بهترین راه‌حل تخمین تابع تولید با استفاده از روش تک‌معادله‌ای بیشینهٔ درست‌نمایی (MLE)[3] است که در تخمین این تابع داده‌ها می‌توانند به صورت مقطعی یا داده‌های تلفیقی و پانل دیتا[4] باشد، که در این پژوهش از داده‌های پانل دیتا استفاده می‌شود.

داده‌ها

داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از آمار و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۸۸ از مرکز آمار جمهوری اسلامی ایران[5] استخراج شده

1. Average
2. Frontier
3. Maximum Likelihood Estimation
4. Panel Data
5. www.amar.org.ir

است، و متغیرهایی مانند ارزش‌افزوده (میلیون ریال)، انرژی (میلیون ریال)، میزان سرمایه (میلیون ریال)، و نیروی کار (نفر) را شامل می‌شود و ۱۳۷ کد چهار رقمی ISIC بخش صنعت را داراست. داده‌های پژوهش به صورت داده‌های پانل در پنج گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. در دسته‌بندی کدهای چهار رقمی به پنج گروه سعی می‌شود صنایعی در یک گروه قرار گیرند که از لحاظ کالاهای تولیدی و مواد اولیه مورد استفاده، بیش‌ترین شباهت را به یکدیگر داشته باشند. بدین منظور، بخش صنعت در پنج گروه ۱. صنایع مواد غذایی، آشامیدنی، و دخانیات؛ ۲. صنایع نساجی، پوشاک، و چرم ـ صنایع چوب و محصولات چوبی ـ صنایع کاغذ و مقوا و چاپ و انتشار؛ ۳. صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ و لاستیک و پلاستیک ـ صنایع محصولات کانی غیرفلزی به‌جز نفت و زغال سنگ؛ ۴. صنایع تولید فلزات اساسی ـ صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار و محصولات فلزی؛ و ۵. سایر صنایع، تقسیم‌بندی می‌شود.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار FRONTIER[1] و روش تحلیل مرزی تصادفی، ابتدا تابع تولید بنگاه به روش بیشینهٔ درست‌نمایی تخمین زده می‌شود، و پارامترهای مربوطه استخراج می‌شود و عملکرد هر بنگاه با تابع مرزی مقایسه و کارایی فنی هر بنگاه اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود. مدل اصلی مورد استفاده در این پژوهش، کارایی متغیر در طول زمان بتیس و کولی (۱۹۹۲) است. این الگو، قابلیت تطبیق با داده‌های مقطعی، تلفیقی، کارایی متغیر و غیرمتغیر در طول زمان، تابع تولید، توزیع‌های منقطع و نیمه‌نرمال، و فرم‌های تبعی را دارد که در آن متغیرهای وابسته به صورت فرم اصلی یا لگاریتمی ظاهر می‌شوند. پارامتر گامای[2] محاسبه‌شده در این برآورد بیانگر میزان اعتبار تخمین است و نشان می‌دهد که آیا داده‌های استفاده‌شده برای برآورد داده‌ها مناسب است و تابع مرزی تصادفی برای مجموعه‌ای از مشاهده‌ها که در دسترس است، برآوردپذیر است یا خیر؟ و اگر داده‌ها به صورت ناهمگن و غیرمرتبط باشند و قابلیت تخمین به روش بیشینهٔ درست‌نمایی و پانل را نداشته باشند، گامای محاسبه‌شده معنادار نیست. در این تخمین‌ها آماره t مربوط به پارامتر گاما نشان می‌دهد که روش مرزی تصادفی در بیش‌تر مواقع در سطوح بسیار بالایی معنادار است، پس می‌توان گفت الگوی مورد نظر قابلیت برآورد به صورت پانل را خواهد داشت.

1. Frontier 4.1 (Software for Stochastic Frontier Analysis)
2. Gamma

جدول ۲: برآورد تابع تولید

پارامتر	توضیح	ضریب	آماره t
β_0	عرض از مبدا	۱۱/۸۱	۴/۵۱
β_L	Ln(L)	-۲/۰۱	-۲/۱۲
β_K	Ln(K)	-۲/۴۲	-۲/۰۷
β_E	Ln(E)	۲/۳۴	۱/۵۸
β_{LL}	½(L)2	۱/۷۲	۲/۳۳
β_{KK}	½(K)2	۰/۴۸	۱/۲۵
β_{EE}	½(E)2	۲/۱۷	۲/۲۳
β_{LK}	Ln(L*K)	۱/۴۵	۲/۱۸
β_{LE}	Ln(L*E)	-۲/۰۸	-۲/۳۶
β_{KE}	Ln(K*E)	-۱/۱۱	-۱/۶۸
آماره گاما	Gamma	۰/۸۱	۵۲/۴۹
σ_S^2		۰/۴۹	
لگاریتم درست‌نمایی		-۶۹/۲۵	
آماره آزمون لاگرانژ		۳۹/۱۲	
دوره زمانی		۱۳۸۸-۹۶	
تعداد مقاطع		۵	
تعداد مشاهده‌ها		۴۵	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تخمین کارایی تولید در بخش صنعت

پس از محاسبه تابع تولید بخش صنعت می‌توان با استفاده ار تابع مرزی تصادفی برآوردشده، عملکرد و میزان انحراف هر گروه صنعتی با بهترین عملکرد صنعت مقایسه و محاسبه شود، که نتایج در جدول (۳) ارائه می‌شود. ملاحظه می‌گردد در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ به‌طور متوسط گروه سوم صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ و لاستیک و پلاستیک، و همچنین صنایع محصولات کانی غیرفلزی به‌جز نفت و زغال سنگ بیش‌ترین کارایی را در میان سایر گروه‌ها دارند، یعنی این گروه، از منابع تولیدی خود به‌طرز بهینه‌تری نسبت به سایر گروه‌ها استفاده می‌کنند. میانگین کارایی بخش صنعت در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ دارای روند صعودی است و در سال ۱۳۹۴ به بیش‌ترین مقدار خود در این

مورد می‌رسد. بنابراین، می‌توان گفت عملکرد بنگاه‌ها در استفاده از عوامل تولیدی‌شان در دوره مورد بررسی بهبود می‌یابد و منابع را بهینه‌تر استفاده می‌کنند که متوسط کارایی تولید صنایع کشور را از ۰/۷۱ در سال ۱۳۸۸ به ۰/۸۶ در سال ۱۳۹۶ افزایش می‌دهند.

جدول ۳: تخمین کارایی تولید بخش صنعت

مرتبه	فعالیت	گروه	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	متوسط دوره
	گروه سوم		۰/۹۵	۱/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۷
۱	نرخ رشد سالیانه(درصد)	۳		۱/۱۶	۱/۱۵	۰/۰۰	۱/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۰	-۲/۰۴	۰/۰۰	۰/۱۴
	گروه چهارم		۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۴
۲	نرخ رشد سالیانه(درصد)	۴		۳/۳۷	۱/۰۹	۱/۰۸	۰/۰۰	۱/۰۶	۱/۰۵	-۳/۰۸	۱/۰۶	۰/۸۲
	گروه اول		۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۸۶
۳	نرخ رشد سالیانه(درصد)	۱		۶/۸۵	۶/۴۱	۲/۴۱	۴/۷۱	۲/۲۵	۰/۰۰	۱/۱۰	۰/۰۰	۲/۹۷
	گروه دوم		۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۸	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۸۰	۰/۷۶
۴	نرخ رشد سالیانه (درصد)	۲		۶/۳۵	۷/۴۶	۵/۵۶	۵/۲۶	۱/۲۵	۴/۹۶	-۶/۷۱	-۱/۲۳	۳/۱۱
	گروه پنجم		۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۵۳
۵	نرخ رشد سالیانه(درصد)	۵		۲/۸۶	۱۶/۶۷	۱۱/۹۰	۱۹/۱۵	۸/۹۲	۸/۲۰	۱/۵۲	۰/۰۰	۸/۶۵
	متوسط		۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۱
	متوسط نرخ رشد (درصد)			۳/۴۱	۶/۵۶	۴/۶۳	۶/۳۶	۲/۸۱	۳/۵۵	-۱/۸۳	-۰/۰۴	۳/۳۹

رتبه اول کارایی تولید در صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ، لاستیک، پلاستیک و صنایع محصولات کانی غیرفلزی به‌جز نفت و زغال سنگ نشان می‌دهد کارایی از ۰/۹۵ در ۱۳۸۸ به ۰/۹۶ در ۱۳۹۶ افزایش می‌یابد و میزان کارایی در این گروه به‌طور متوسط ۰/۹۷ است که در این دوره به‌طور متوسط سالیانه ۰/۱۴ درصد افزایش دارد. رتبه دوم کارایی تولید در صنایع تولید فلزات اساسی، صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار و محصولات فلزی نشان می‌دهد کارایی از ۰/۸۹ در ۱۳۸۸ به ۰/۹۵

در ۱۳۹۶ افزایش دارد، میزان کارایی در این گروه به‌طور متوسط ۰/۹۵ است، و در دوره مورد بررسی به‌طور متوسط سالیانه ۰/۸۳ درصد افزایش می‌یابد. رتبه سوم کارایی تولید در صنایع مواد غذایی، آشامیدنی، و دخانیات نشان می‌دهد کارایی تولید از ۰/۷۳ در ۱۳۸۸ به ۰/۹۱ در ۱۳۹۶ می‌رسد، میزان کارایی در این گروه به‌طور متوسط ۰/۸۴ است، و در دوره مورد بررسی به‌طور متوسط سالیانه ۳/۷۷ درصد افزایش دارد. رتبه چهارم کارایی تولید در صنایع نساجی، پوشاک، و چرم، صنایع چوب و محصولات چوبی، صنایع کاغذ و مقوا و چاپ و انتشار نشان می‌دهد که کارایی از ۰/۶۳ در ۱۳۸۸ به ۰/۸۰ در ۱۳۹۶ افزایش می‌یابد و میزان کارایی در این گروه به‌طور متوسط ۰/۷۶ است که در این دوره به‌طور متوسط سالیانه ۳/۱۱ درصد افزایش را نشان می‌دهد. رتبه پنجم کارایی تولید در سایر صنایع نشان می‌دهد که کارایی از ۰/۳۵ در ۱۳۸۸ به ۰/۶۷ در ۱۳۹۶ افزایش دارد و میزان کارایی در این گروه به‌طور متوسط ۰/۵۳ است، در این دوره به‌طور متوسط سالیانه ۸/۶۵ درصد افزایش را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، تجزیه‌وتحلیل و رتبه‌بندی کارایی فنی بخش صنعت ایران به تفکیک کد چهار رقمی ISIC دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ با استفاده از تحلیل‌های مرزی تصادفی است. برای دستیابی به این هدف، با استفاده تابع تولید مرزی تصادفی (SFA)، و تکنیک‌های پانل دیتا، تابع تولید بخش صنعت کشور به تفکیک کدهای چهار رقمی ISIC در پنج گروه برآورد می‌شوند و در ادامه، کارایی فنی محاسبه و رتبه‌بندی می‌شود. همچنین، با استفاده از تحلیل مرزی تصادفی و تابع تولید ترانسلاگ و متغیرهای ارزش‌افزوده، نیروی کار، سرمایه، و انرژی و بر اساس روش بتیس و کولی (۱۹۹۲)، توابع مرزی تصادفی با استفاده از برآوردگر بیشینهٔ درست‌نمایی تخمین زده می‌شود، و در ادامه کارایی فنی محاسبه و رتبه‌بندی می‌گردد.

نتایج نشان می‌دهد که صنایع شیمیایی، نفت، و زغال سنگ در رتبه اول کارایی، و صنایع نساجی، پوشاک، و چرم، صنایع چوب و محصولات چوبی، صنایع کاغذ و مقوا و چاپ و انتشار؛ صنایع شیمیایی و نفت و زغال سنگ و لاستیک و پلاستیک ـ صنایع محصولات کانی غیرفلزی به‌جز نفت و زغال سنگ؛ صنایع تولید فلزات اساسی ـ صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار و محصولات فلزی؛ و سایر صنایع به‌ترتیب در رتبه‌های دوم تا پنجم کارایی قرار دارند. میانگین کارایی بخش صنعت در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ دارای روند صعودی است و در سال ۱۳۹۴ به بیش‌ترین مقدار خود در دوره مورد بررسی می‌رسد. پس

می‌توان گفت عملکرد بنگاه‌ها در استفاده از عوامل تولیدی خود در دوره مورد بررسی بهبود می‌یابد و منابع را بهینه‌تر استفاده می‌کنند که متوسط کارایی تولید صنایع کشور را افزایش می‌دهد.

نتایج نشان می‌دهد که صنایع منبع‌محور در ۱۳۹۶-۱۳۸۸ بیش‌ترین کارایی را دارند. به‌نظر می‌رسد پایین بودن هزینه‌های مواد اولیه و انرژی، عامل اصلی ایجاد این کارایی است. وجود چنین مزیتی عامل جذب سرمایه‌گذاری بیش‌تر و فناوری‌های بالاتر و نیروهای کار ماهرتر و تخصصی‌تر است که عاملی برای افزایش کارایی است. نتایج همچنین گویای آن است که صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار در رتبه دوم کارایی در میان صنایع کشور در دوره مورد بررسی قرار دارند که در تحلیل این یافته می‌توان گفت این صنایع در مقایسه با دیگر صنایع که در رتبه‌های پایین‌تر کارایی قرار دارند، از سطح فناوری بالاتر و نیروهای کار ماهرتر و تخصصی‌تری برخوردارند که یک عامل اساسی در ارتقای کارایی مطابق با مدل پژوهش است. همچنین، این تحلیل توضیح‌دهنده مزیت صنایع ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار نسبت به صنایع غذایی است که در رتبه سوم کارایی قرار می‌گیرند.

صنایع غذایی موفقیت‌های چشمگیری در سهم بازار داخل و ارزش‌افزوده، و در صادرات در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۸ دارند، اگرچه نسبت به دیگر صنایع، به‌ویژه صنعت منسوجات که به نوعی صنایع غذایی جایگزین سهم آن در دوره پیشین است، کارایی بالاتری دارند ولی به جهت سطح کارایی پایین‌تر نسبت به صنایع با فناوری بالاتر، در رتبه‌های نخست قرار نمی‌گیرند. همچنین می‌توان گفت، مطابق با نتایج، صنایع با فناوری پایین در آخرین رتبه‌های کارایی قرار می‌گیرند. پس می‌توان ادعا نمود که فناوری عامل کلیدی در چگونگی استفاده از عوامل سه‌گانه نیروی کار، موجودی سرمایه، و انرژی در تابع تولید ترانسلاگ است و نقش خود را در ترکیب عوامل با افزایش مطلق یا نسبی تولید نشان می‌دهد، بدین نحو که یا با ثابت بودن میزان تولید از مقدار عوامل استفاده‌شده کاسته است یا این‌که با ثابت بودن عوامل به میزان تولید بیش‌تری انجامیده است که امکان بهترین شکل استفاده از عوامل تولید، یعنی کاراترین حالت بکارگیری منابع را فراهم می‌سازد که نشان می‌دهد تخصصی شدن نیروی کار کارایی را می‌افزاید و بکارگیری فناوری بالاتر و بازدهی بالاتری برای واحدهای سرمایه و انرژی به‌دست می‌آورد.

این پژوهش با سایر پژوهش‌ها در مواردی چون دوره زمانی، استفاده از کدهای چهار رقمی ISIC دارای ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر، دسته‌بندی فعالیت‌های صنعتی شبیه به هم در یک گروه، استفاده از متغیر انرژی مصرفی در بخش صنعت به عنوان یکی از عوامل تولید، مقایسه روش‌های محاسبه کارایی، و استفاده از کلیه فعالیت‌های بخش صنعت در محاسبه‌های خود دارای تفاوت‌هایی است که نسبت به

پژوهش‌های پیشین سهمی متفاوت در تولید ادبیات تجربی موضوع مورد نظر دارد.

توصیه می‌گردد چنانچه بخواهیم سیاست حمایتی هدفمندی را نسبت به صنایع اعمال نماییم، با توجه به این‌که حمایت غیرهدفمند به جهت محدودیت منابع و نیز اثرگذار نبودن مناسب بر انتخاب‌های فعالان اقتصادی نمی‌تواند عملی و موثر باشد، طبعاً باید این سیاست‌ها بر صنایع با بیش‌ترین کارایی تمرکز یابد. پس توصیه می‌شود سیاست‌های حمایتی زمانمند و مقید به دوره‌های زمانی و مشروط به عملکرد و کسب اهداف تعیین‌شده در خصوص افزایش کارایی و عملکرد صنایع در این شاخص باشد. با توجه به عامل فناوری و بکارگیری فناوری‌های بالا که می‌تواند مسیر مناسبی برای ارتقای کارایی باشد، توصیه می‌گردد ترکیبی از مشوق‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شود که بتواند به ارتقای مستمر و پرشتاب‌تر افزایش کارایی در صنایع ایران کمک کند. با توجه به این‌که یافته‌ها گویای کارایی بیش‌تر در صنایعی است که عموماً از مقیاس بزرگ‌تری برخوردارند، پس افزایش مقیاس تولید در دیگر صنایع از راه ترغیب به ادغام و تملک بنگاه‌های صنعتی با یکدیگر می‌تواند به افزایش کارایی صنایع کمک کند که ضرورت دارد مورد توجه و اهتمام سیاستگذاران و برنامه‌ریزان قرار گیرد. با توجه به یافته‌های پژوهش، آموزش و ارتقای مهارت‌های فنی و حرفه‌ای و تخصصی می‌تواند عاملی در ارتقای کارایی صنایع و نیز جابه‌جایی نیروهای بین صنایع باشد که توصیه می‌شود مورد توجه قرار گیرد. اصلاح الگوی مصرف انرژی از راه سیاست‌های قیمتی در عمل می‌تواند به جابه‌جایی در رتبه‌های یکم و دوم کارایی صنایع منجر گردد و به انتقال بیش‌تر کارایی از صنایع منبع‌محور به صنایع فناوری‌محور بیانجامد که خود تاکیدی بر اولویت سیاست‌های مبتنی بر فناوری است که ضرورت دارد مورد توجه قرار گیرد. با توجه به آن‌که افزایش کارایی عاملی مهم و تعیین‌کننده در مسیر بخش صنعت و اقتصاد کلان کشور است توصیه می‌گردد این مسئله در برنامه‌ریزی‌ها و سیاستگذاری‌های صنعتی و اقتصادی مورد توجه قرار گیرد. شدت مصرف انرژی یکی از عوامل موثر بر ناکارایی در بخش صنعت کشور است که ضرورت دارد مصرف انرژی بخش صنعت کشور در قالب برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف سوخت صنایع در نظر گرفته شود.

توصیه می‌گردد در جهت دست‌یابی به نتایج جامع‌تر در پژوهش‌های بعدی ارزیابی کارایی صنایع کشور از هر دو روش SFA و DEA استفاده شود. به‌هنگام نبودن آمار و اطلاعات بخش صنعت کشور ایران یکی از محدودیت‌های این‌گونه پژوهش‌ها به‌شمار می‌رود.

منابع

الف) فارسی

اصغرپور، حسین؛ جهانگیری، خلیل، و عبدی، حسن (۱۳۹۳). اثر صادرات بر کارایی فنی زیربخش‌های صنعتی محصولات شیمیایی و فلزات اساسی (رویکرد تابع تولید مرز تصادفی و داده‌های تابلویی پویا). *نشریه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۲(۷۲)، ۴۸-۲۳.

زرانژاد، منصور؛ خدادادکاشی، فرهاد، و یوسفی‌حاجی‌آباد، رضا (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران. *نشریه اقتصاد مقداری*، ۹(۲)، ۴۸-۳۱.

سجادی‌فر، سیدحسین؛ عسلی، مهدی؛ فتحی، بهرام، و محمدباقری، اعظم (۱۳۹۴). اندازه‌گیری کارایی انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی‌های نامطلوب. *نشریه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۰(۴)، ۶۹-۵۵.

سوری، امیررضا؛ تشکینی، احمد، و داداشی، صادق (۱۳۹۰). بررسی و ارزیابی کارایی شرکت‌های پخش در ایران با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی. *نشریه پژوهشنامه بازرگانی*، ۱۵(۵۹)، ۱۳۶-۱۰۷.

شیهکی‌تاش، محمدنبی؛ طاهرپور، جواد، و شیوایی، الهام (۱۳۹۳). ارزیابی عوامل موثر بر ناکارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران (رهیافت تابع مرزی تصادفی و روش حداکثر درست‌نمایی). *نشریه پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۴(۵۲)، ۴۷-۲۷.

غلامی، راضیه، و مهرابی بشرآبادی، حسین (۱۳۹۵). بررسی اثر مالکیت و مدیریت دولتی بر ناکارایی صنایع تولیدی در استان‌های مختلف ایران. *نشریه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۱(۲)، ۱۵۶-۱۳۳.

نیلی، مسعود، و همکاران (۱۳۸۲). *خلاصه مطالعات طرح استراتژی توسعه صنعتی کشور*. انتشارات دانشگاه صنعتی شریف و انتشارات علمی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ب) انگلیسی

Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), 153-169.

Bigsten, A., Collier, P., Dercon, S., Fafchamps, M., Gauthier, B., Gunning, J. W., ... Pattillo, C. (2000). *Exports and Firm-Level Efficiency in African Manufacturing*: University of Oxford, Institute of Economics and Statistics. WPS/2000-16

Çalmaşur, G. (2016). Technical Efficiency Analysis in the Automotive Industry: A Stochastic Frontier Approach. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 4(4), 120-137.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

Coelli, T. J., Rao, D. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (1998). An Introduction to Productivity and Efficiency Analysis. *Springer Science: New York*.

Cornwell, C., Schmidt, P., & Sickles, R. C. (1990). Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels. *Journal of Econometrics*, 46(1-2), 185-200.

Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 19(3), 273-292.

Fahmy-abdullah, M., Sieng, L. W., & Isa, H. M. (2018). Technical Efficiency in Malaysian Textile Manufacturing Industry: A Stochastic Frontier Analysis (SFA) Approach. *International Journal of Economics & Management*, 12(2), 407-419.

Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.

Greene, W. (2005). Fixed and Random Effects in Stochastic Frontier Models. *Journal of Productivity Analysis*, 23(1), 7-32.

Hayek, F. A. (1949). The Meaning of Competition, Individualism and Economic Order: London, Routledge & Kegan Paul.

Hirshleifer, J., & Glazer, A. (1992). *Price Theory and Applications*: Prentice Hall.

Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., & Schmidt, P. (1982). On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of Econometrics*, 19(2-3), 233-238.

Koopmans, T. (1951). *Activity Analysis of Production and Allocation.* John Wiley and Sons. New York.

Kumbhakar, S. C. (1990). Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency. *Journal of Econometrics*, 46(1-2), 201-211.

Meeusen, W., & Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444.

Mohd Noor, Z., & Ismail, R. (2007). Technical Efficiency Analysis in Small and Medium Scale Industry in Malaysia. *International Journal of Management Studies (IJMS)*, 14(1), 199-218.

Mok, V., Yeung, G., Han, Z., & Li, Z. (2007). Leverage, Technical Efficiency and Profitability: An Application of DEA to Foreign-Invested Toy Manufacturing Firms in China. *Journal of Contemporary China*, 16(51), 259-274.

Pitt, M. M., & Lee, L.-F. (1981). The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry. *Journal of Development Economics*, 9(1), 43-64.

Quesada, G. P. (2017). *Technical Efficiency of Dairy Farms in Uruguay: A Stochastic Production Frontier Analysis*. The International Conference on Decision Economics,

Shephard, R. (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton University Press. Princeton, NJ.

Singh, A. (1977). UK Industry and the World Economy: A Case of De-Industrialisation? *Cambridge Journal of Economics*, 1(2), 113-136.

Sumanth, D. J. (1984). *Productivity Engineering and Management: Productivity Measurement, Evaluation, Planning, and Improvement in Manufacturing and Service Organizations*: McGraw-Hill College.