

## بررسی عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها

علی آزادی‌نژاد<sup>۱</sup>

استادیار، گروه اقتصاد، دانشگاه آیت‌الله حائری میبد azadinegad@gmail.com

حمید آماده<sup>۲</sup>

استادیار، گروه اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی amadeh@atu.ac.ir

علی امامی میبدی<sup>۳</sup>

استادیار، گروه اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی emami@atu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۰

### چکیده

برای تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های اقتصادی، اطلاع از کارایی فنی بخش‌های مختلف کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. این مقاله، ابتدا هر استان را به‌منزله واحد تصمیم‌گیر در نظر گرفته و سپس به اندازه‌گیری کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور و در ادامه به بررسی عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت پرداخته است. عوامل مؤثر در کارایی فنی را می‌توان به دو قسمت عمده تقسیم کرد: عوامل پایه‌ای تولید که به طور مستقیم در کارایی فنی تأثیرگذارند (این عوامل در تابع تولید وارد می‌شوند)، عوامل محیطی مؤثر در کارایی که به طور غیرمستقیم در کارایی فنی مؤثرند. نتیجه تحقیق حاکی از آن است که هر سه عامل نیروی کار، سرمایه و حامل‌های انرژی در نقش عوامل تولید در کارایی مؤثرند و تعداد کارگاه و جمعیت استان، همچنین وضعیت حقوقی کارکنان عوامل محیطی مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور به شمار می‌روند. از ویژگی بارز این مقاله نسبت به دیگر مطالعات، استفاده از روش آندرسون و پترسون است.

طبقه‌بندی JEL: D24, D29, H21

کلیدواژه: بخش صنعت، روش آندرسون - پترسون، روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی

فنی.

۱. نویسنده مسئول، یزد، میبد، دانشگاه آیت‌الله حائری میبد، تلفن همراه: ۰۹۱۳۳۵۰۴۹۳۵

۲. تهران، عباس‌آباد، نبش خیابان بخارست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تلفن همراه: ۰۹۱۲۲۴۰۸۲۶۲

۳. تهران، عباس‌آباد، نبش خیابان بخارست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تلفن همراه: ۰۹۱۲۴۸۵۶۶۰۸

## ۱. مقدمه

یکی از موضوعات مهم اقتصاد جهان امروز، کارایی و بهره‌وری است، زیرا با بهبود کارایی و بهره‌وری بالاتر، می‌توان برای تولید فعلی، نهاده کمتری به کار برد و هزینه‌های تولید را کاهش داد یا اینکه با نهاده‌های فعلی، تولید بیشتری داشت و با فروش تولید بیشتر، سود بیشتری به دست آورد (آزادی‌نژاد، ۱۳۸۷).

پرداختن به مسئله کارایی برای همه کشورهای الزامی است، اما این نیاز برای کشورهای در حال توسعه بیشتر است. زیرا این کشورها به علت نداشتن تکنولوژی برتر به اتلاف بیشتر منابع و نهاده‌های تولید می‌پردازند و امکان اینکه کارایی در این کشورها در سطح خیلی پایینی باشد، زیاد است. همچنین، افزایش کارایی فنی در سطوح پایین راحت‌تر و آسان‌تر از افزایش کارایی فنی در سطوح بالاتر است برای مثال، افزایش کارایی از ۵۰ به ۷۰ درصد آسان‌تر از افزایش کارایی از ۸۰ به ۱۰۰ درصد است.

همان‌طور که هر بنگاهی تلاش می‌کند بالاترین کارایی را داشته باشد، دولت هر کشوری نیز سعی دارد با برنامه‌ریزی و تخصیص بهینه نهاده و منابع بین بخش‌های مختلف اقتصادی و مناطق مختلف کشور کارایی را تا حد امکان، بهبود بخشد. یعنی با برنامه متناسب با شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق می‌توان کارایی را بهبود بخشید و به تبع آن تولید بیشتر و هزینه کمتری داشت. پیش‌شرط اصلی در داشتن برنامه خوب داشتن اطلاعات خوب و جامع در خصوص آن منطقه است.

بخش صنعت از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور است و سهم بالایی از تولید ناخالص داخلی را تشکیل می‌دهد. توسعه این بخش در توسعه‌یافتگی کشورها نقش مهمی را ایفا می‌کند. برای برنامه‌ریزی و توسعه کشور شناخت وضعیت، از نظر تخصیص بهینه منابع، بسیار مهم است. بخش صنعت کشور به علت اینکه سهم بالایی از اشتغال، سرمایه و انرژی را به خود تخصیص می‌دهد، دارای اهمیت بسزایی است و بهبود کارایی فنی در این بخش می‌تواند سبب خلق ارزش افزوده بیشتر شود و به تبع آن تولید ناخالص ملی را افزایش داد. برای تولید کالاهای صنعتی ابتدا مواد اولیه تهیه می‌شوند و با استفاده از نیروی کار، سرمایه (ماشین‌آلات و ساختمان) و سوخت (حامل انرژی) چرخه تولید به حرکت درمی‌آید و در آخر ستانده (کالاهای نهایی یا خدمات) این چرخه تولید می‌شود (کالاهای واسطه‌ای می‌توانند به‌منزله داده یا ستانده چرخه تولیدی خاص مصرف یا تولید شوند). به عبارت دیگر، سه عامل نیروی کار، سرمایه و انرژی مواد اولیه را به کالاهای نهایی یا واسطه‌ای تبدیل و از این طریق ارزش افزوده‌ای خلق می‌کنند. بهبود کارایی و بهره‌وری به این معناست که ترکیب و تخصیص بهینه‌ای از منابع انتخاب شوند تا بتوان با مقدار معینی نهاده، تولید بیشتری انجام داد. با بهبود کارایی می‌توان هزینه تولید را کاهش داد (آزادی‌نژاد، ۱۳۸۷).

در این مطالعه کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور محاسبه شده است. در ادامه تفاوت‌ها در کارایی فنی بخش صنعت، استان‌ها را به عوامل محیطی و عوامل مؤثر در تابع تولید تقسیم‌بندی کرده و در نهایت با شاخص‌های نیروی کار، سرمایه، مصرف انرژی و دیگر شاخص‌ها تفاوت کارایی فنی در استان‌ها توضیح داده شده است. فرض اساسی که در این مقاله مدنظر قرار گرفته این است که فضای کلان اقتصادی حاکم بر بخش صنعت استان‌های کشور از همگنی کافی برخوردار است. با توجه به حاکمیت سیاست‌های اقتصادی و صنعتی یکسان در سطح کشور در نظر گرفتن این فرض از اعتبار نتایج حاصل از مقاله نمی‌کاهد. چیدمان مقاله به این شکل است که ابتدا پیشینه تحقیق و پس از آن بیان نظری روش تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> و در ادامه، داده‌ها و اطلاعات آماری، سپس محاسبات و تجزیه و تحلیل و در نهایت، نتیجه‌گیری و جمع‌بندی آورده شده است.

## ۲. پیشینه تحقیق

مطالعات فراوانی در زمینه کارایی و بهره‌وری انجام شده است. در این مطالعات اغلب به بررسی و تخمین کارایی در صنعت خاص و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و تحلیل مرزی تصادفی (SFA)<sup>۲</sup> پرداخته‌اند. مطالعات زیادی در خارج از کشور در خصوص کارایی صورت گرفته که در ادامه به صورت مختصر به چند مورد اشاره شده است.

فارل<sup>۳</sup> (۱۹۵۷) پیشگام عرصه محاسبه کارایی فنی است. وی اولین بار برآورد کارایی به روش غیرپارامتری را مطرح و به جای حدس تابع تولید، مقادیر داده و ستانده را مشاهده و مرزی برای واحدها به نام مرز کارایی مشخص کرد. ادوارد رودز<sup>۴</sup> (۱۹۷۸) تحت راهنمایی کوپر<sup>۵</sup> رساله دکتری خویش را با معرفی روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) شروع کرد. در این رساله پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان امریکا در سال ۱۹۷۸ ارزیابی شد. در ادامه این مطالعه بنکر<sup>۶</sup>، چارنز<sup>۷</sup> و کوپر (۱۹۸۴) مفاهیم و مدل‌های متنوع تحلیل پوششی داده‌ها را بسط داده‌اند.

- 
1. Data Envelopment Analysis
  2. Stochastic Frontier Analysis
  3. Farrell
  4. Rhodes
  5. Cooper
  6. Banker
  7. Charnes

کریشنا<sup>۱</sup> و ساهوتا<sup>۲</sup> (۱۹۹۱) پیرامون کارایی فنی در صنایع بنگلادش تحقیقی انجام داده‌اند. آن‌ها به محاسبه کارایی فنی از روش پارامتری پرداختند و از تابع تولید ترانسلوگ استفاده کردند. این مطالعه برای سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۷۶ صورت گرفته است. همچنین، برای اندازه‌گیری کارایی فنی و برآورد تابع تولید از روش سنجی استفاده شده است. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که صنایع بنگلادش سطح پایینی از کارایی فنی دارند و این بدین معناست که میدان عمل بسیاری برای بهبود وضعیت کارایی فنی در میان بنگاه‌ها وجود دارد.

کم<sup>۳</sup> و نیوفلد<sup>۴</sup> (۱۹۹۱) پیرامون محاسبه کارایی فنی صنایع کشور لهستان تحقیقی تحقیقی انجام داده‌اند. شیوه محاسبه کارایی فنی از روش ناپارامتری (روش تحلیل پوششی داده‌ها) به صورت خروجی محور و از اطلاعات سال‌های ۱۹۶۱-۱۹۸۶ استفاده شده است.

ریو<sup>۵</sup> (۲۰۰۵) برای زمین‌های زیر کشت قهوه در ویتنام به اندازه‌گیری کارایی فنی پرداخت. وی در مرحله اول با برآورد کارایی از روش تحلیل پوششی داده‌ها و به صورت خروجی محور کمک گرفت. در مرحله دوم با رگرسیون توبیت به بررسی عواملی که با کارایی همبستگی دارند (به خصوص برای زمین‌های کوچک) پرداخت. در این تحقیق زمین‌های کوچک‌تر در مقایسه با زمین‌های بزرگ‌تر کارایی کمتری دارند.

استانچوا<sup>۶</sup> و آنگلووا<sup>۷</sup> (۲۰۰۴) به اندازه‌گیری کارایی در کتابخانه‌های دانشگاه پرداختند. روش استفاده‌شده آن‌ها تحلیل پوششی داده‌هاست. داده‌های آن‌ها به صورت پانلی و برای پنج کتابخانه برای سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ بود. آن‌ها از ۶ داده و ۳ ستانده استفاده کردند. نتایج حاکی از آن است که سه کتابخانه کارا عمل کرده و روی مرز کارا قرار گرفته‌اند.

داخل کشور نیز مطالعات و تحقیقات زیادی در خصوص کارایی فنی و بهره‌وری انجام شده است. اکثر مطالعات داخل کشور در سطح پایان‌نامه کارشناسی ارشد است و صرفاً به اندازه‌گیری کارایی فنی بسنده کرده و به واکاوی عوامل مؤثر در کارایی نپرداخته‌اند. در ادامه به چند مطالعه داخلی اشاره می‌شود:

1. Krishna
2. Sahota
3. Kemme
4. Neufeld
5. Rio
6. Stancheva
7. Angelova

امامی‌میبدی (۱۳۷۸) در رسالهٔ دکتری خود کل ساختار برق را بررسی، سپس مدل تقاضای برق خانوار ایران را در سطح کلان برآورد می‌کند. وی تابع تولید برق را در سطح کلان به وسیلهٔ تابع تولید ترانس‌لوگ برای سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۶۹ برآورد کرده است. سپس، کارایی نیروگاه حرارتی را اندازه‌گیری و میزان کارایی نیروگاه‌های حرارتی را با نیروگاه‌های چند کشور در حال توسعه مقایسه می‌کند. وی در پایان به این نتیجه دست می‌یابد که تعدیل اقتصادی و اصلاحات ساختاری در کشورهای در حال توسعه برای افزایش کارایی مؤثر بوده است و نیروگاه‌های بزرگ کاراترند.

گرشاسبی (۱۳۸۶) در پایان‌نامهٔ خود کارایی فنی مزارع برنج در پنج استان مازندران، گیلان، گلستان، خوزستان و فارس را برآورد کرد. وی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به اندازه‌گیری کارایی فنی پرداخت. این تحقیق از روش چندمرحله‌ای DEA و با نگرش نهاده‌محور و با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس صورت گرفت. نتایج نشان داد که کارایی فنی در کشت برنج در ایران بالا و حدود ۸۷ درصد است و سه استان خوزستان، گیلان و مازندران در تولید برنج کارایی فنی یکسان و استان‌های فارس و گلستان مقدار کارایی فنی تولید برنج متفاوتی دارند.

یداللهی (۱۳۸۲) پایان‌نامهٔ خود را با عنوان «بررسی و تخمین کارایی و بهره‌وری در صنایع کارخانه‌ای ایران» انتخاب کرد. وی در مطالعهٔ خود از دو روش پارامتریک و ناپارامتریک استفاده کرد. مبنای کار وی نهاده محور است. نتایج حاصل از دو روش استفادهٔ وی نشان داد که صنایع کارخانه‌ای ایران طی دورهٔ مورد بررسی (۱۳۶۸-۱۳۷۸) در زمینهٔ کارایی مدیریتی، فنی و بهره‌وری تغییری نداشته است.

عادل‌آذر و غلامرضایی (۱۳۸۵) مطالعه‌ای با عنوان «رتبه‌بندی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (با به کارگیری شاخص‌های توسعهٔ انسانی)» انجام دادند. مقالهٔ آن‌ها به کمک روش تحلیلی پوششی داده‌ها (به صورت ستانده محور) به بررسی توسعهٔ انسانی در استان‌ها می‌پردازد و با استفاده از اطلاعات سال ۱۳۸۱، قابلیت هر یک از استان‌ها را در استفاده از منابع زیربنایی برای تولید شاخص‌های توسعهٔ انسانی، می‌سنجد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استان‌های محروم کشور به طور کلی کارایی بیشتری نسبت به استان‌های برخوردار کشور داشته‌اند.

### ۳. بیان نظری

کارایی فنی توانایی یک بنگاه در به دست آوردن حداکثر محصول از مجموعهٔ مشخصی از عوامل تولید بیان می‌شود. در کارایی فنی رابطهٔ بین نهاده و محصولات و چگونگی تبدیل نهاده‌ها به محصولات مطرح است. به عبارتی کارایی فنی مربوط به ساختار

تکنولوژیکی است. همچنین، کارایی فنی مفهومی نسبی است، زیرا مقایسه بنگاه‌ها در نوع و نحوه استفاده از تکنولوژی است. طبق تعریف، بنگاهی دارای کارایی فنی بالاتر است که بتواند با مجموعه داده‌های مفروض و ثابت (یعنی تکنولوژی یا نحوه به‌کارگیری عامل کار و سرمایه که قبلاً تعیین شده است)، میزان محصول بیشتری نسبت به سایر بنگاه‌ها تولید کند.

در این مقاله ابتدا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی فنی بخش صنعت هر استان را به دست آورده است، سپس به بررسی عوامل مؤثر در ایجاد اختلاف کارایی (شامل عوامل نیروی کار، سرمایه، حامل انرژی و ...) طی زمان و مکان پرداخته می‌شود. در ادامه روش تحلیل پوششی داده‌ها آورده شده است.

### ۱.۳. روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

این روش را اولین بار رودز استفاده کرد. وی در سال ۱۹۷۸ اولین مقاله را درباره معرفی عمومی روش DEA انتشار داد. وی در این روش از تکنیک برنامه‌ریزی خطی استفاده کرد. تحلیل پوششی داده‌ها تکنیکی است که از کلیه مشاهدات گردآوری شده برای اندازه‌گیری کارایی استفاده می‌کند. این روش هر کدام از مشاهدات را در مقایسه با مرز کارا بهینه می‌کند. از مزیت‌های مهم این روش، تحمیل نکردن فرم تابعی مشخص بر ساختار داده‌ها، فراهم آوردن امکان ارزیابی کارایی بنگاه‌ها در حالت چندبند و چندستانه و حساس نبودن الگوی تهیه‌شده به واحد اندازه‌گیری متغیرهاست. همان‌گونه که گفته شد برای اولین بار چارنز، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ روش تحلیل پوششی داده‌ها را با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس<sup>۱</sup> CCR ارائه کردند. اگر اطلاعاتی در خصوص  $m$  عامل تولید و  $s$  محصول برای هر یک از  $n$  بنگاه وجود داشته باشد فرایند محاسبه به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (1) \\ \text{s.t:} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \\ & u_r, v_i \geq 0 \\ & i, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned}$$

1. CCR= Charnes, Cooper, Rhodes

در معادله ۱،  $y$  نماینده خروجی‌های مدل و  $s$  نشان دهنده تعداد خروجی مدل است.  $x$  نیز نشان دهنده ورودی‌ها و  $m$  نشان دهنده تعداد ورودی‌هاست.  $u$  و  $v$  نشان دهنده وزن متغیرها در میانگین وزنی است. در این معادله، هدف به دست آوردن مقادیر بهینه  $u$  و  $v$  است. به گونه‌ای که نسبت مجموع وزنی محصولات به مجموع وزنی عوامل تولید با میزان کارایی هر بنگاه حداکثر شود.

مشکل معادله بالا این است که دارای بی‌نهایت جواب بهینه است. برای مثال، اگر  $(u^*, v^*)$  جواب بهینه باشد،  $(\alpha u^*, \alpha v^*)$  نیز می‌تواند جواب بهینه باشد. برای جلوگیری از این مشکل می‌توان قید  $\sum_{i=1}^n v_i x_{ij0} = 1$  را به مدل اضافه و آن را به فرم برنامه‌ریزی خطی تبدیل کرد. تبدیل بالا ابتکار عمل روش چارنز، کوپر و رودز یعنی روش CCR است. پس از افزودن این قید به مدل خواهیم داشت:

(۲)

$$\begin{aligned} \max \quad & z = \sum_{r=1}^s y_{rj} \cdot u_r \\ \text{s.t:} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \\ & \sum_{i=1}^n v_i x_{ij0} = 1 \\ & u_r, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

الگوی برنامه‌ریزی خطی معادله ۲، متفاوت با مورد قبل است. این فرم به فرم فزاینده در مسئله برنامه‌ریزی خطی DEA معروف است.

تحلیل پوششی داده‌ها واحدهای تحت بررسی را به دو گروه «واحدهای کارا» و «غیرکارا» تقسیم می‌کند. امتیاز کارایی واحدهای کارا برابر با «یک» است. واحدهای غیرکارا با کسب امتیاز کارایی رتبه‌بندی می‌شوند، اما واحدهایی که امتیاز کارایی آن‌ها برابر یک است با استفاده از مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها قابل رتبه‌بندی نیستند. روش زیر برای رتبه‌بندی واحدهای کاراست.

### ۲.۳. روش اندرسون - پترسون<sup>۱</sup>

اندرسون و پترسون در سال ۱۹۹۳ روشی برای رتبه‌بندی واحدهای کارا پیشنهاد کردند که امکان تعیین کاراترین واحد را میسر می‌کرد. با این تکنیک امتیاز واحدهای کارا می‌تواند از یک بیشتر شود به این ترتیب، واحدهای کارا نیز مانند غیرکارا می‌توانند رتبه‌بندی شوند. این روش شامل دو مرحله است: در مرحله اول مثل قبل کارایی مشخص می‌شود و بعد از شناسایی واحدهای کارا، قید مربوط به آن واحد کارا از

1. Anderson & Peterson=AP

مجموعه قیدهای مدل حذف می‌شود تا در این مرحله کارایی را بتوان بیش از یک نیز برآورد کرد.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & z = \sum_{r=1}^S y_{rj} \cdot u_r \quad (3) \\ \text{s.t:} \quad & \sum_{r=1}^S u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \\ & \sum_{i=1, i \neq j}^n v_i x_{ij} = 1 \\ & u_r, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

در معادله ۳ قید  $\sum_{i=1}^n v_i x_{ij} = 1$  به  $\sum_{i=1, i \neq j}^n v_i x_{ij} = 1$  تغییر کرده و قید بنگاه  $j$  که در حال برآورد کارایی است، از قیود مسئله حذف شده است. با حذف این قید بنگاه می‌تواند کارایی بالاتر از یک به دست آورد.

#### ۴. داده‌ها و اطلاعات

آمار و اطلاعات مورد نیاز این مقاله از بخش نشریات مرکز آمار اخذ شده است. این آمار و اطلاعات از کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر و برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ اخذ شده است. در زیر عنوان آمار و اطلاعات اخذ شده از مرکز آمار آورده شده است:

- (الف) ارزش افزوده فعالیت صنعتی بر حسب میلیارد ریال
- (ب) تشکیل سرمایه ثابت ناخالص فعالیت صنعتی بر حسب میلیارد ریال
- (ج) شاغلان فعالیت صنعتی بر حسب تعداد هزار نفر
- (د) ارزش سوخت مصرف شده فعالیت صنعتی بر حسب میلیارد ریال
- (ه) تعداد کارگاه‌های صنعتی استان‌ها
- (و) جمعیت استان‌ها بر حسب تعداد هزار نفر
- (ز) تعداد تخت بیمارستان
- (ح) وضعیت حقوقی کارگاه‌ها. در این مقاله از نسبت سایر شرکت رسمی بر تعداد کارگاه‌ها به صورت درصد استفاده شده است.
- (ط) نسبت نیروی کار مذکور بین تعداد شاغلان

در این تحقیق بنگاه خاصی وجود ندارد و واحدهای تصمیم‌گیر (DMU)، بخش صنعت استان‌های کشور به شمار می‌روند. عوامل محیطی مختلفی می‌توانند در کارایی فنی مؤثر باشند؛ برای مثال، سطح سواد کارکنان می‌تواند کارایی یا راندمان نیروی کار را افزایش دهد و این نیروی کار باسواد، ارزش افزوده بیشتری خلق کنند. در این مقاله



ابتدا کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور محاسبه، سپس با مدل رگرسیون، به بررسی تأثیر عوامل بالا در کارایی فنی پرداخته شده است.

### ۵. محاسبات و تجزیه و تحلیل

این مطالعه شامل چند مرحله می‌شود: در مرحله اول کارایی فنی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود. کارایی فنی به دست آمده شامل اعدادی بین صفر تا یک است. در مرحله بعدی با روش اندرسون - پترسون واحدهایی که کارایی فنی یک دارند، رتبه‌بندی می‌شوند تا کارایی فنی بتواند بالای یک برآورد شود. در مرحله آخر با کمک رگرسیون و روش پانل دیتا<sup>۱</sup> به بررسی عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت پرداخته شده است.

#### ۱.۵. محاسبه کارایی فنی

برای برآورد کارایی فنی، روش تحلیل پوششی داده‌ها DEA با جهت‌گیری خروجی محور انتخاب شد. هر استان در هر سال یک واحد تصمیم‌گیر DMU در نظر گرفته شده و کارایی فنی آن به دست آمده است. بهتر است با روش بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CCR)، کارایی فنی برآورد شود. دلیل ذکر شده این است که روش CCR نسبت به روش بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (BCC)<sup>۲</sup>، تفکیک بهتری بین استان‌ها انجام می‌دهد. یعنی در روش BCC تعداد بیشتری از استان‌ها کارا می‌شوند و امتیازهای استان‌های ناکارا از تفکیک بسیار کمی برخوردارند، اما در روش CCR استان‌های کمتری کارا قلمداد و واحدهای ناکارا نیز به خوبی تفکیک می‌شوند. برای انجام تحلیل‌های گویاتر مدل CCR اولویت پیدا می‌کند.

کارایی فنی برای ۲۸ استان در ۱۲ سال محاسبه شد، اما بنگاه‌های کارا به خوبی تفکیک نشده‌اند. استان‌های کارا مقدار کارایی ۱۰۰ را اختیار کرده‌اند و لذا نمی‌توان آن‌ها را خوب تفکیک کرد. لذا برای استان‌هایی که کارایی فنی ۱۰۰ را به دست آورده‌اند، روش اندرسون و پترسون استفاده شد. در این مرحله با نرم‌افزار Lindo<sup>۳</sup> که برای برنامه‌ریزی خطی است و با استفاده از فرمول ۳ به برآورد کارایی فنی بالاتر از ۱۰۰ پرداخته شده است. در جدول ۱ نتایج حاصل از این دو روش ارائه شده است.

1. Panel Data

2. BCC= Banker, Charnes , Cooper

۳. نرم‌افزار lingo با توجه به قیودی که به مدل وارد شده است یک تابع هدف را min یا max می‌کند.

جدول ۱. کارایی فنی با روش تحلیل پوششی داده‌ها حالت خروجی محور (CCR) بر حسب درصد

استان	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
آذربایجان شرقی	۷۱	۵۶	۷۲	۵۶	۵۹	۵۷	۳۰	۲۰	۷۶	۸۸	۸۵	۷۶
آذربایجان غربی	۴۹	۵۲	۴۹	۳۵	۴۲	۲۳	۱۸	۱۲	۱۴	۵۴	۷۶	۶۷
اردبیل	۴۹	۷۹	۵۵	۲۹	۷۳	۶۳	۱۹	۱۸	۳۶	۴۱	۴۹	۵۷
اصفهان	۸۱	۷۵	۶۴	۴۶	۵۲	۶۱	۳۳	۲۷	۹۹	۵۳	۶۴	۶۱
ایلام	۴۷	۱۸	۱۸	۱۹	۳۵	۴۰	۲۲	۲۸	۴۹	۶۰	۷۴	۶۸
بوشهر	۷۴	۷۴	۱۱۰	۱۲۲	۱۴۵	۱۷۸	۱۹۰	۱۲۸	۱۳۰	۱۹۰	۱۸۸	۱۶۵
تهران	۱۴۳	۱۰۰	۱۱۴	۸۸	۹۳	۵۱	۲۶	۲۱	۴۰	۷۳	۷۸	۹۰
چهارمحال	۵۱	۵۱	۱۰۶	۴۱	۵۸	۵۴	۲۵	۱۳	۴۸	۵۱	۶۲	۷۳
خراسان	۷۱	۴۲	۲۳	۳۱	۴۹	۲۳	۲۰	۱۱	۲۵	۲۵	۲۷	۳۰
خوزستان	۱۴۰	۱۰۶	۸۵	۴۱	۹۱	۸۴	۷۳	۴۳	۵۳	۳۶	۵۴	۴۶
زنجان	۶۶	۴۳	۸۱	۳۱	۴۰	۲۶	۱۶	۱۵	۱۸	۱۸	۱۹	۲۰
سمنان	۴۹	۷۴	۳۶	۲۲	۳۰	۳۰	۱۷	۱۴	۴۸	۵۶	۷۲	۸۷
سیستان	۳۰	۴۳	۳۳	۱۹	۵۶	۶۳	۱۵	۱۲	۷۹	۸۷	۷۹	۶۳
فارس	۸۶	۹۳	۶۲	۵۹	۵۶	۵۵	۲۸	۱۷	۴۶	۴۸	۵۷	۶۶
قزوین	۸۸	۶۲	۸۴	۵۰	۵۸	۲۹	۲۲	۱۹	۲۸	۲۹	۳۲	۳۵
قم	۷۰	۵۴	۵۶	۴۰	۴۴	۳۰	۱۷	۲۳	۳۲	۳۴	۴۲	۴۹
کردستان	۴۰	۶۰	۳۶	۴۰	۵۳	۳۳	۱۹	۲۱	۳۸	۴۳	۵۲	۶۲
کرمان	۱۴۰	۱۰۷	۱۶۰	۱۰۹	۱۹۶	۳۶	۶۷	۳۴	۸۳	۷۸	۸۶	۹۴
کرمانشاه	۶۵	۷۹	۹۵	۲۱	۳۶	۳۷	۱۸	۱۵	۱۹	۱۹	۱۹	۲۰
کهگیلویه	۶۸	۶۲	۹۲	۵۴	۲۸	۷۲	۳۱	۸	۱۱	۵۴	۳۹	۴۳
گلستان	۶۷	۷۳	۶۹	۴۸	۵۰	۲۴	۲۳	۲۹	۲۱	۲۲	۲۱	۲۰
گیلان	۶۸	۷۲	۵۳	۳۸	۴۴	۲۴	۱۴	۱۱	۲۶	۲۹	۳۶	۴۲
لرستان	۴۵	۴۶	۴۸	۲۷	۳۵	۵۵	۲۴	۱۸	۴۷	۵۲	۶۴	۶۴
مازندران	۸۳	۵۸	۵۴	۳۶	۴۲	۳۵	۱۷	۱۷	۳۶	۴۳	۵۳	۶۳
مرکزی	۶۴	۱۵۷	۷۹	۵۰	۵۶	۵۸	۴۶	۲۹	۵۷	۵۵	۶۰	۶۶
هرمزگان	۶۸	۳۱	۱۷۸	۱۳۹	۸۹	۱۲۷	۱۵۶	۶۴	۷۸	۸۱	۷۳	۸۹
همدان	۸۵	۴۳	۴۶	۳۷	۳۴	۳۶	۲۲	۱۳	۲۶	۳۴	۶۲	۳۱
یزد	۸۳	۶۹	۵۹	۵۰	۳۶	۲۴	۴۵	۴۶	۳۹	۳۴	۵۶	۶۲

مأخذ: نتایج تحقیق

در جدول ۱، کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۶ محاسبه شده است. اعداد کارایی فنی بر حسب درصد و مبنای ۱۰۰ شده‌اند. برای مثال، اولین عدد یعنی ۷۱ نشان می‌دهد که استان آذربایجان شرقی در سال ۱۳۷۵ کارایی ۷۱ درصدی دارد. با استفاده از روش اندرسون و پترسون کارایی فنی می‌تواند ارقام بالاتر از ۱۰۰ را اختیار کند. فرضاً استان تهران در سال ۱۳۷۵ دارای کارایی فنی ۱۴۳ درصدی<sup>۱</sup> است. در بین سال‌های مورد بررسی استان‌های بوشهر، کرمان و هرمزگان کارایی فنی خوب و مناسبی دارند.

## ۲.۵. عوامل پایه‌ای مؤثر در کارایی فنی

در این مرحله به بررسی تأثیر عوامل پایه‌ای تولید در کارایی فنی بخش صنعت استان‌ها پرداخته می‌شود. سرمایه، نیروی کار و انرژی از عوامل پایه‌ای مؤثر در کارایی فنی بیان شده‌اند. برای بررسی تأثیر عامل سرمایه در کارایی از تشکیل سرمایه ثابت ناخالص صنعتی دوره قبل (با یک دوره وقفه) استفاده شده است. علت استفاده از داده‌های تشکیل سرمایه با یک دوره وقفه این است که تشکیل سرمایه، در سال‌های بعد در تولید اثر گذاشته و روند تولید را تسهیل می‌کند. بنابراین، داده‌های تشکیل سرمایه بازه زمانی ۱۳۷۴-۱۳۸۵ را شامل می‌شوند. ارزش سوخت مصرف‌شده صنعتی به‌منزله حامل انرژی در نظر گرفته شده است. تعداد شاغلان صنعتی نیز بازگوکننده عامل نیروی کار است. این سه عامل به‌منزله متغیر مستقل و تأثیرگذار در کارایی فنی در مدل وارد می‌شوند. کارایی فنی بخش صنعت که در جدول ۱ ارائه شد، متغیر وابسته مدل رگرسیون است. مدل رگرسیون مدل پانل دیتاست، زیرا علاوه بر سنجش میزان تأثیر عوامل پایه‌ای تولید در کارایی فنی، برای هر استان عرض از مبدأ مخصوصی برآورد می‌کند. برآورد مدل با الگوی آثار ثابت<sup>۲</sup> است. در جدول ۲، نتایج برآورد مدل آورده شده است.

۱. با استفاده از روش اندرسون و پترسون کارایی فنی بالاتر از ۱۰۰ نیز امکان‌پذیر است.

جدول ۲. تأثیر عوامل پایه‌ای تولید در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور

متغیر	ضریب متغیر	آماره t	معنی دار بودن
عرض از مبدأ	۹۹/۸۰	۱۴/۳۷	۰/۰۰۰
عامل سرمایه	۰/۰۱	۲/۸۸	۰/۰۰۴
عامل نیروی کار	-۷/۹۰	-۳/۴۲	۰/۰۰۰
عامل انرژی	۰/۰۷	۵/۴۵	۰/۰۰۰
<b>آثار ثابت</b>			
آذربایجان شرقی	-۰/۴۳	قزوین	-۲/۰۴
آذربایجان غربی	-۵۲/۰۳	قم	-۵۳/۴۸
اردبیل	-۴۶/۵۹	کردستان	-۵۸/۰۸
اصفهان	۱۳۰/۹۳	کرمان	۳۵/۳۷
ایلام	-۶۷/۴۰	کرمانشاه	-۴۷/۵۳
بوشهر	۱۴۶/۹۵	کهگیلویه	-۵۱/۳۷
تهران	۱۳۵/۹۲	گلستان	-۴۷/۴۹
چهارمحال بختیاری	-۴۶/۶۸	گیلان	-۲۳/۵۲
خراسان	-۳/۸۸	لرستان	-۴۷/۴۱
خوزستان	۶۴/۴۵	مازندران	-۲۷/۸۶
زنجان	-۴۶/۳۳	مرکزی	۳۸/۰۷
سمنان	-۴۸/۸۹	هرمزگان	۶۸/۸۲
سیستان	-۵۴/۸۱	همدان	-۵۲/۸۹
فارس	-۸/۳۴	یزد	-۳۱/۹۴
ضریب تعیین $R^2$		۰/۴۴	
آزمون کلی رگرسیون F		۵/۶۸	۰/۰۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

با توجه به جدول ۲، تأثیر سه عامل تشکیل سرمایه، اشتغال و انرژی در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور معنی دار است. اثر سرمایه و انرژی در کارایی فنی مثبت است، در حالی که اثر نیروی کار در کارایی فنی منفی است.  $R^2$  مدل ۰/۴۴ است. آزمون کلی رگرسیون (آزمون F) عدد ۵/۶۸ را اختیار کرده و این آزمون از لحاظ آماری معنی دار است.

در سطرهای پایین جدول ۲، آثار ثابت استان‌ها نشان داده شده است. نخستین آثار ثابت برای استان آذربایجان شرقی، یعنی عدد -۰/۴۳ - نشان می‌دهد که عرض از مبدأ استان آذربایجان شرقی اختلاف -۰/۴۳ - درصدی با عرض از مبدأ کل (۹۹/۸) دارد. اگر به آثار ثابت بین استان‌ها توجه شود، مشاهده می‌شود که استان‌های اصفهان، بوشهر،

تهران، خوزستان، کرمان، مرکزی و هرمزگان اختلاف عرض از مبدأ مثبت و مابقی استان‌ها منفی دارند. استان ایلام نیز کمترین عرض از مبدأ را داراست.

### ۳.۵. تأثیر عوامل محیطی و پایه‌ای در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور

در این قسمت از مطالعه به بررسی عوامل محیطی مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت پرداخته شده است. عوامل محیطی مختلفی وجود دارند که در کارایی فنی مؤثرند. با استفاده از روش‌سنجی پانل دیتا، تأثیر پنج عامل محیطی در کارایی فنی برآورد و نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. پنج عامل محیطی که در این قسمت به مدل اضافه شد عبارت‌اند از: تعداد کارگاه‌های صنعتی، جمعیت استان‌ها، تعداد تخت بیمارستان، وضعیت حقوقی کارگاه‌ها و نسبت نیروی کار مذکر شاغلان. به علت ایجاد نکردن هم‌خطی بین متغیر اشتغال و نسبت شاغلان مذکر، نسبت شاغلان مذکر<sup>۱</sup> به شکل دامی (مجازی) وارد مدل رگرسیون شد.

جدول ۳. تأثیر عوامل محیطی و پایه‌ای در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور

متغیر	ضریب	آماره t	معنی‌داری
عرض از مبدأ	۱۵۹/۳۳	۱۰/۹۵	۰/۰۰۰
سرمایه	۰/۰۲	۴/۱۷	۰/۰۰۰
نیروی کار	-۱/۶۵	-۲/۷۱	۰/۰۰۷
انرژی	۰/۰۳	۱/۶۵	۰/۰۹۹
تعداد کارگاه	-۰/۰۵۱	-۳/۶۲	۰/۰۰۰
جمعیت استان	-۰/۱۱۲	-۷/۳۰	۰/۰۰۰
تعداد تخت بیمارستان	۰/۰۰۳	۳/۷۷	۰/۰۰۰
وضعیت حقوقی کارگاه‌ها	-۰/۱۵۸	-۳/۹۲	۰/۰۰۰
نسبت نیروی کار مذکر	۱۲/۵۵	۳/۹۹	۰/۰۰۰
ضریب تعیین R <sup>۲</sup>		۰/۱۶۵	
آزمون کلی رگرسیون F		۱۱/۶۱۱	۰/۰۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

۱. بین تعداد شاغلان و نسبت نیروی کار مذکر همبستگی شدیدی وجود دارد. پس اگر این دو متغیر مستقل وارد مدل رگرسیون شوند، مدل دچار هم‌خطی می‌شود. راه‌حل اینکه نسبت مرد بودن به صورت متغیر مجازی وارد مدل شده است. درصد مذکر بودن بین چهار بازه کمتر از ۸۹ درصد، بین ۸۹ تا ۹۳ درصد، بین ۹۳ تا ۹۵ درصد و بیشتر از ۹۵ درصد قرار داده می‌شود. علت انتخاب بازه‌ها به شکل بالا به این صورت است که در هر بازه تعداد داده‌ها برابر باشند.

در جدول ۳ ضرایب ثابت استان‌ها ارائه نشده است، زیرا تقریباً مثل جدول ۲ است. علامت مثبت و منفی بودن ضرایب ثابت استانی با جدول ۲ فرقی ندارند. نیروی کار مانند عامل منفی در کارایی فنی بخش صنعت استان‌ها عمل کرده است و دو عامل تولیدی انرژی و سرمایه به طور مثبت در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور مؤثرند.

مطابق جدول ۳، پنج متغیر محیطی وارده بر مدل یعنی تعداد تخت بیمارستان، درصد مذکربودن شاغلان، جمعیت، تعداد کارگاه و وضعیت حقوقی کارگاه در سطح ۹۰ درصد معنی دارند. دو ضریب تعداد تخت بیمارستان و درصد مذکربودن شاغلان در کارایی فنی بخش صنعت تأثیر مثبت و سه ضریب جمعیت، تعداد کارگاه و وضعیت حقوقی کارگاه در کارایی فنی بخش صنعت تأثیر منفی دارند.

#### ۶. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

کارایی فنی مقوله‌ای است که اولین بار فارل آن را اندازه‌گیری کرد. با افزایش کارایی و بهره‌وری عوامل تولید، می‌توان هزینه‌های تولید را کاهش یا مقدار تولید را افزایش داد که در هر دو صورت سبب افزایش سود، هدفی که تولیدکنندگان دنبال می‌کنند، می‌شود.

در خصوص اندازه‌گیری کارایی فنی مطالعات وسیعی انجام شده، اما درباره عوامل مؤثر در کارایی فنی مطالعات اندکی صورت گرفته است. این مقاله به عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های مختلف پرداخته است. از منظر این مقاله عوامل مؤثر در کارایی فنی به دو بخش عوامل پایه‌ای تولید و محیطی تقسیم شده‌اند. منظور از عوامل تولید عواملی است که مستقیماً در تابع تولید بنگاه وارد و شامل عامل سرمایه، نیروی کار و انرژی می‌شوند. منظور از عوامل محیطی نیز عواملی است که در تابع تولید نیامده‌اند، اما به طور غیرمستقیم در کارایی فنی مؤثرند و تنوع این عوامل نیز گسترده و وسیع است. در این مطالعه پنج عامل محیطی جمعیت، نسبت مذکربودن شاغلان، وضعیت حقوقی کارگاه، تعداد کارگاه و تعداد تخت بیمارستان هر استان انتخاب شده‌اند. در مرحله اول کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور اندازه‌گیری و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شد. روش اندرسون و پیترسون، روشی برای رتبه‌بندی واحدهای کاراست که برای اولین بار در این مطالعه استفاده شد. با استفاده از این روش کارایی فنی می‌تواند بالاتر از ۱۰۰ نیز محاسبه شود برای مثال، استان تهران کارایی فنی ۱۴۳ درصدی در سال ۱۳۷۵ بوده است. در کل استان‌های مرکزی، بوشهر، کرمان، هرمزگان، تهران و خوزستان کارایی فنی بالاتری در بخش صنعت دارند.

در مرحله بعد با استفاده از مدل رگرسیونی پانل دیتا به بررسی عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت پرداخته شد. در این مدل ضرایب ثابت کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور برآورد و مشخص شد که استان‌های اصفهان، بوشهر، تهران، خوزستان، کرمان، مرکزی و هرمزگان، اختلاف عرض از مبدأ مثبت (ضرایب مثبت)، و مابقی استان‌ها ضرایب ثابت منفی دارند. استان ایلام نیز کمترین عرض از مبدأ را دارد. از نظر سیاست‌گذاری می‌توان بیان کرد استان‌های دارای آثار ثابت مثبت نسبت به استان‌های دارای آثار ثابت منفی، کارایی فنی بالاتری دارند، بنابراین صنعتی کردن چنین استان‌هایی با صرفه‌تر است.

از سه عامل تولیدی سرمایه، نیروی کار و انرژی تنها نیروی کار دارای اثر منفی در کارایی فنی بخش صنعت است. به عبارت دیگر، با افزایش تعداد کارگران کارایی فنی کاهش می‌یابد. در مدل دوم رگرسیون نیز عوامل محیطی مؤثر در کارایی فنی مشخص شد. در این مدل پنج متغیر محیطی وارده بر مدل در سطح ۹۰ درصد معنی دارند. دو ضریب تعداد تخت بیمارستان و درصد مذکربودن شاغلان در کارایی فنی بخش صنعت تأثیر مثبت و سه ضریب جمعیت، تعداد کارگاه و وضعیت حقوقی کارگاه در کارایی فنی بخش صنعت تأثیر منفی دارند.

## منابع

۱. امامی‌میبدی، علی (۱۳۷۹). *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری*. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
۲. آزادی‌نژاد، علی (۱۳۸۷). *اندازه‌گیری کارایی فنی بخش صنعت استان‌های مختلف و بررسی عوامل مؤثر بر آن طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۳*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.
۳. آذر، عادل و غلامرضایی، داود (۱۳۸۵). *رتبه‌بندی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (با به کارگیری شاخص‌های توسعه انسانی)*. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۲۷.
۴. کمالی‌دهکردی، پروانه (۱۳۷۱). *تجزیه و تحلیل دوگانگی منطقه‌ای در اقتصاد ایران (محاسبه درجه توسعه اقتصادی ۲۴ استان کشور)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.
۵. مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳). *مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها (تحلیل پوششی داده‌ها)*. انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

۶. نیلی، مسعود و همکاران (۱۳۸۲). *مطالعات طرح تدوین استراتژی توسعه صنعتی کشور*. چاپ دوم، مؤسسه انتشارات علمی.
۷. یداللهی، حسین (۱۳۸۲). *بررسی و تخمین کارایی و بهروری در صنایع کارخانه‌ای*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی.
8. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). *Some Models for Estimation Technical and Scale in Data Envelopment Analysis*. Management Science 30.
9. Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*. European Journal of Operational Research 2.
10. Coelli, Time (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
11. Farrell, M. j. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. J. r., static, Soc. series A 120.
12. Rios, A. (2005). *Farm size and nonparametric efficiency measurements for coffee farms in Vietnam*. Agricultural Economics Purdue University.
13. Stanch Eva, N., & Angel ova, V. (2004). *Measuring the Efficiency of University Libraries Using Data Envelopment Analysis*. University of Economics-Vane.
14. Sathye, M. (1997). *Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India*. School of Accounting, Banking and Finance University of Canberra