فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران / سال هفتم/ شماره ۲۲/ بهار ۱۳۸۴/ صفحات ۹۰-۶۹

ارزیابی کارایی کارخانجات قند کشور

« به روش تحلیل پوششی داده‌ها»*

محمد حسین پورکاظمی**
سید حسن غضنفری***

تاریخ ارسال: ۱۳۸۳/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۱۰/۱

چکیده

براساس تعریف، کارایی از تقسیم ستانده‌های یک بنگاه بر نهاده‌های مورد استفادهٔ آن، به‌دست می‌آید که برای محاسبهٔ آن، دو روش کلی پارامتری وغیرپارامتری وجود دارد. در روش غیرپارامتری که اساس محاسبات این پژوهش نیز است، با استفاده از یک‌سری بهینه‌سازی ریاضی، کارایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مقاله با توجه به آمار نهاده‌ها و ستانده‌های تولید در ۳۳ کارخانهٔ قند، به ارزیابی کارایی کارخانجات قند پرداخته شده است. به این منظور، کارایی کارخانجات قند در دو حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس (کارایی فنی) و بازده متغیر نسبت به مقیاس (کارایی مقیاس)، محاسبه شده است. نتایج کارایی فنی نشان می‌دهد که متوسط کارایی فنی کارخانجات قند معادل ۶۹٪ بوده و ۷ کارخانه دارای کارایی ۱۰۰٪ است. براساس نتایج کارایی مقیاس نیز میانگین کارایی ۷۵٪ به‌دست آمده و در این حالت ۱۲ کارخانه به مرز کارآ رسیده‌اند. در ادامه نیز با رتبه‌بندی واحدهای کارآ، چگونگی امکان افزایش کارایی کارخانجات قند (ناکارآ) به‌وسیلهٔ بنگاه مرجع مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: شکر، کارخانجات قند، کارایی، روش غیرپارامتری، تحلیل پوششی داده‌ها.

---

* این مقاله، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای سید حسن غضنفری با راهنمایی آقای دکتر محمد حسین پورکاظمی در دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی است.

** عضو هیئت علمی دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی
e-mail:H _ Pourkazemi @ Hotimail.com

*** کارشناس ارشد دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی
e-mail: Hghazanfari @ yahoo. com

۱. مقدمه

انسان در تمام قرون و اعصار، در پی استفادهٔ هر چه بیشتر و بهتر از منابع و امکانات موجود بوده و تمام استعدادهای خود را در جهت جذب و تجهیز این منابع به‌کار گرفته است. به این منظور، افزایش کارایی نهاده‌های تولید مانند سرمایه، نیروی کار و غیره همواره مدنظر بوده وشاید اغلب پیشرفت‌های اقتصادی، علمی، تکنیکی و غیره نیز تاکنون، مرهون همین مطلب باشد.

با توجه به مطالب فوق و اهمیت افزایش کارایی در صنایع کشورهای در حال توسعه (که عموماً از بیکاری نهاده‌های تولید رنج می‌برند)، خصوصاً صنایعی که با تولیدات کشاورزی در ارتباط هستند، محاسبه کارایی کارخانجات قند اهمیت می‌یابد. مصرف سرانه قند و شکر در جهان (از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۸) به‌طور متوسط در حدود ۲۰ کیلوگرم در سال بوده[۱] و در حال حاضر ۱۱۸ کشور در سطح جهان در این زمینه فعالیت دارند[۲]. از این تعداد ۹ کشور از جمله ایران از دو محصول نیشکر و چغندر قند، ۳۸ کشور به تنهایی از چغندر قند و ۷۱ کشور نیز به تنهایی از نیشکر، به تولید شکر می‌پردازند[۳]. همچنین، از ۲۵۴۰ کارخانهٔ تولید شکر در جهان، ۸۷۰ واحد از چغندر قند و ۱۶۷۰ واحد از نیشکر استفاده می‌کنند. در ایران ازمجموع ۳۵ کارخانه قند، دوکارخانه (با ظرفیتی در حدود ۱۵٪ ظرفیت تولیدی کشور) با استفاده از نیشکر و ۳۳ کارخانه با استفاده از چغندر قند، به تولید قند و شکر می‌پردازند[۴]. در میان کارخانجات چغندری، ۱۷ کارخانه عضو سازمان بورس اوراق بهادار بوده و ۳ کارخانه نیز متعلق به سازمان اتکا است.

در این مقاله، با محاسبهٔ کارایی کارخانجات قند (چغندری) مشخص خواهد شد که آیا با حفظ شرایط موجود (از لحاظ سرمایه، نیروی کار و میزان چغندر قند) می‌توان تولید را افزایش داد یا خیر؟ و یا برعکس؛ برای تولید همین میزان شکر می‌توان از نهاده‌های کمتری استفاده کرد یا خیر؟ و در صورتی که جواب مثبت باشد، چگونه و به چه میزان باید نهاده‌های تولید کاهش یابد. به‌عبارت دیگر، نحوهٔ بهینه‌سازی عملکرد این کارخانجات چگونه خواهد بود. در این مطالعه ضمن بررسی مطالب فوق، دو فرضیه زیر مورد بررسی قرار خواهد گرفت:

الف) کارخانجات پذیرفته شده در بورس کارآتر از سایر کارخانجات قند هستند.

---

۱. گروه مواد غذایی سازمان بازرسی و نظارت بر قیمت‌ها (۱۳۷۸).

۲. در این مقاله همواره شکر و قند مترادف هم قرار می‌گیرند، چرا که قند همان شکر به قالب ریخته و سفت شده است که تنها با عملیاتی ساده و با هزینه‌ای کم به قند مبدل می‌شود.

۳. مأخذ فوق.

۴. احداث کارخانجات قند چغندری از سال ۱۲۷۱ آغاز و تا سال ۱۳۶۱ ادامه پیدا کرده است. از سال ۱۳۶۱ تاکنون هیچ کارخانه چغندری احداث نشده و میانگین سنی کارخانه‌های مزبور بدون احتساب بازسازی‌های انجام شده بالغ بر ۴۱ سال است (غضنفری ۱۳۸۱).

ب) کارخانجات قند سازمان اتکا از وضعیت مطلوبی در صنعت قند برخوردار نیستند[۱].

۲. مفاهیم و انواع کارایی

کارایی بیشتر در سه حوزه مهندسی، مدیریت و اقتصاد مطرح است. این اصطلاح ابتدا در حوزهٔ علم فیزیک و ترمودینامیک مطرح شد و بعدها وارد سایر زمینه‌ها شد[۲]. کارایی در حوزهٔ علم فیزیک (در سیستم‌های مکانیکی و بسته) از تقسیم تولید بالفعل (واقعی) بر تولید بالقوه (اسمی) به‌دست آمده و مقدار آن همواره کوچکتر از واحد است. در حوزهٔ علم مدیریت علاوه بر نهاده‌ها و سرمایه‌های فیزیکی، نهاده‌ها و سرمایه‌های انسانی نیز در نظر گرفته می‌شوند. لذا، از آنجایی که کارایی افراد با توجه به تشویق‌ها و تنبیه‌ها، ممکن است از توان افراد نیز بیشتر و یا کمتر شود، مقدار محاسبه شده برای آن محدود به مرز واحد نمی‌شود[۳]. سرانجام، در حوزهٔ علم اقتصاد نیز کارایی به‌صورت نسبت ستانده به نهاده تعریف شده و مقدار آن همواره کوچکتر از یک است. در این حالت؛ بنگاهی کارآ تلقی می‌شود که برای تولید محصولات خود از نهاده‌های کمتری استفاده کرده باشد. به‌عبارت دیگر، روی تابع تولید قرار گرفته باشد (یعنی با حداقل نهاده، مقدار معینی ستاده تولید کند). در این حالت وقتی که تمام نهاده‌ها خاصیت فیزیکی داشته باشند، نتیجه به‌دست آمده کارایی فنی خواهد بود. در محاسبهٔ کارایی فنی سرمایه اسمی(پولی) وارد بحث نشده و همچنین تغییرات سطح قیمت و نرخ بهره نیز، روی این نوع کارایی هیچ تأثیری نخواهد گذاشت. اما از آنجایی که تنها حل مشکلات فنی تولید برای یک بنگاه کافی نیست؛ بنگاه باید به طرز مناسبی عملکرد خود را با قیمت‌های رایج بازار نیز (به‌خصوص با قیمت‌های نسبی نهاده‌ها) تطبیق دهد. به‌عبارت دیگر، بنگاه هم باید به‌لحاظ فنی و هم به جهت قیمتی به‌صورت کارآ عمل کند. لذا، اقتصاددانان برای محاسبهٔ کارایی در کنار محاسبهٔ فیزیکی داده‌ها و ستانده‌ها، ارزش ریالی آن را نیز منظور کرده و کارایی اقتصادی را محاسبه می‌کنند. براین اساس در حوزهٔ علم اقتصاد سه نوع کارایی قابل محاسبه است[۴].

---

۱. مسئولین سازمان اتکا بر این باورند که از میان ۵ صنعت قند، روغن، نساجی، مواد شوینده و مواد غذایی این سازمان، صنعت قند سازمان اتکا از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بوده و مایل به سرمایه‌گذاری در این صنعت هستند.

۲. حسن ابطحی (۱۳۷۵).

۳. مأخذ فوق.

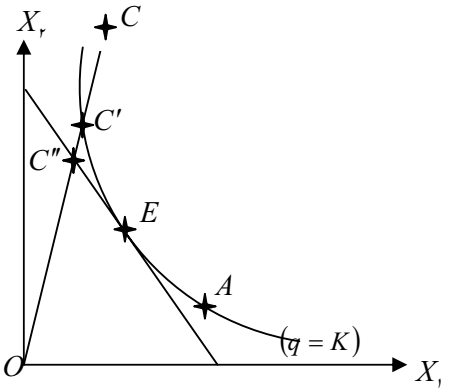
۴. علی امامی میبدی (۱۳۷۹)، این تعاریف از فارل است و تا سال ۱۹۷۸ به عنوان یک تعریف باقی ماند تا با استفاده از روش‌های جدید از جمله روش .D.E.A ، این کارایی‌ها محاسبه شد.

الف) کارایی فنی[1]

یک بنگاه وقتی از نظر فنی کارآ است که روی منحنی تولید همسان (منحنی مرزی کارآ) قرار بگیرد. به‌عبارت دیگر، برای تولید مقدار معینی ستانده از حداقل نهاده‌ها استفاده کرده باشد. در این حالت، کارایی فنی برابر واحد است. حال، اگر بنگاهی خارج از منحنی تولید همسان (q) قرار بگیرد، از نظر فنی ناکارآ تلقی می‌شود. در نمودار(۱) بنگاه A و E به‌لحاظ فنی کارآ هستند، اما بنگاه C برای تولید همان مقدار ستانده از هر دو نهاده بیشتر استفاده کرده است. در چنین حالتی اگر OC شعاع رسم شده از مرکز به نقطه C باشد (که نشانگر ترکیب استفاده از نهاده هاست)، درجه کارایی فنی برای این بنگاه به‌صورت زیر تعریف می‌شود[2]:

$$\text{درجه کارایی فنی} = \frac{OC'}{OC}$$

نمودار-۱. منحنی مرزی کارآ



(X_1 و X_2 نهاده‌های تولید و q ستاندهٔ تولیدی است).

ب) کارایی تخصیصی[3]

همان‌طور که بیان شد، اگر بنگاه بر روی منحنی q قرار داشته باشد، به‌لحاظ فنی کارآ است. حال، سؤال این است که یک بنگاه باید در کجای این منحنی قرار بگیرد؟ نقطهٔ A ، E و یا C' ؟ چه عواملی باعث می‌شوند بنگاه یکی از این نقاط را انتخاب کند؟ جواب سؤالات فوق در این مطلب نهفته است که یک بنگاه نه تنها می‌خواهد از حداقل نهاده‌ها برای تولید مقدار مشخصی از ستانده استفاده کند، بلکه تمایل

1. Technical Efficiency.
2. Charnes, Cooper and Rhodes (1978).
3. Allocative Efficiency.

دارد که حداقل هزینهٔ ممکن را نیز بپردازد. در این‌حالت، علت تغییر ترکیب نهاده‌های تولید، ناکارایی فنی نیست، بلکه وجود یا تغییر قیمت عوامل تولید است. به‌عبارت دیگر، نقاط روی منحنی مرزی، ترکیبات مختلفی از عوامل تولید را نشان می‌دهند که این ترکیبات دارای کارایی فنی یکسانی است، اما هزینه تولید این ترکیبات (به دلیل تفاوت قیمت عوامل تولید) مختلف است. در نمودار (۱) تمام نقاط روی منحنی q کارایی فنی صددرصد دارند، اما وقتی از هر دو طرف منحنی به‌طرف نقطه E حرکت می‌کنیم، هزینه‌های تولید کاهش می‌یابند. در ادبیات روش تحلیل پوششی داده‌ها، میزان تخصیص بهینهٔ عوامل تولید با توجه به قیمت‌های نسبی، درجهٔ کارایی تخصیصی را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، کارایی تخصیصی به یک عامل برون‌زا یعنی قیمت نهاده‌ها بستگی دارد و با تغییر قیمت‌های نسبی تغییر پیدا می‌کند. برای بنگاه C درجه کارایی تخصیصی به صورت زیر تعریف می‌شود:[۱]

$$\text{درجه کارایی تخصیصی} = \frac{OC''}{OC'}$$

ج) کارایی اقتصادی[۲]

کارایی اقتصادی از ترکیب دو نوع کارایی فوق به دست می‌آید. همان‌طور که بیان شد، برای سطح معینی از تولید، کارایی فنی، بنگاه را به طرف حداقل نهادهٔ ممکن و کارایی تخصیصی به‌طرف حداقل هزینهٔ ممکن سوق می‌دهد و کارایی اقتصادی ترکیب حداقل نهاده و حداقل هزینه را با هم لحاظ می‌کند. بنابراین، درجه کارایی اقتصادی بنگاه C را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\text{درجه کارایی اقتصادی} = \frac{OC''}{OC}$$

رابطه بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت[۳]:

$$\frac{OC''}{OC} = \frac{OC'}{OC} \times \frac{OC''}{OC'}$$

اما می‌دانیم که:

$$\text{کارایی تخصیصی} = \frac{OC''}{OC'} \quad \text{و کارایی فنی} = \frac{OC''}{OC}$$

بنابراین خواهیم داشت:

درجه کارایی تخصیصی × درجه کارایی فنی= درجه کارایی اقتصادی

---

۱. همان مأخذ.

2. Economic Efficiency.

۳. همان مأخذ.

۳. روش‌های محاسبهٔ کارایی

برای محاسبهٔ کارایی روش‌های متفاوتی وجود دارد، که به‌طور کلی به دو دستهٔ پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند.

الف) روش‌های پارامتری[۱]

به روش‌هایی گفته می‌شود که ابتدا، یک شکل خاص (مانند تابع کاب- داگلاس) برای تابع تولید در نظر می‌گیرند و پس از آن با یکی از روش‌های معمول برآورد تابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، پارامترهای (ضرایب) مجهول را تخمین می‌زنند. سپس، با استفاده از تابع برآورد شده، کارایی بنگاه‌ها محاسبه می‌شود[۲].

ب) روش‌های غیرپارامتری[۳]

این روش‌ها مبتنی بر یک‌سری بهینه‌سازی ریاضی هستند که برای محاسبه کارایی نسبی از آنها استفاده می‌شود. عبارت نسبی در جملهٔ بالا بسیار حائز اهمیت است، زیرا کارایی به‌دست آمده در این روش، نتیجهٔ مقایسه بنگاه‌های موجود با یکدیگر است. بنابراین، در صورتی که تعدادی از مشاهدات حذف و یا تعداد آنها زیاد شود، ممکن است مقدار کارایی محاسبه شده نیز کم یا زیاد شود. بنابراین، کارایی به‌دست آمده نسبی است نه مطلق. در روش‌های غیرپارامتری نیازی به انتخاب فرم تابع نبوده و محدودیتی نیز برای تعداد ستانده‌ها وجود ندارد[۴]. از جمله روش‌های غیرپارامتری، روش تحلیل پوششی داده‌هاست که در این پژوهش اساس کار قرار گرفته است.

۴. روش تحلیل پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبهٔ کارایی هر بنگاه، یک کسر که شامل مجموع وزنی ستانده‌ها به نهاده‌ها است را در نظر می‌گیرد. فارل،[۵] اولین کسی بود که روش غیرپارامتری را با استفاده از

---

1. Parametric Method.

۲. کیومرث حیدری (۱۳۷۹).

3. Non- Parametric Method.

۴. در روش پارامتری اگر بنگاه تولیدی دارای چند ستانده بوده و اتفاقاً این ستانده‌ها نیز جمع‌پذیر نباشند، نمی‌توان یک تابع تولید برای بنگاه تخمین زد. زیرا، ستاندهٔ واحدی جهت برآورد تابع تولید وجود ندارد. به‌عنوان مثال برای یک بانک، ستانده‌ها فی‌المثل تعداد معاملات انجام گرفته (مضاربه، رهن و...) مقدار پس‌انداز، وام‌های پرداختی و غیره است. در این حالت، نمی‌توان یک ستانده برای بانک تعریف کرد تا تابع تولید بانک را تخمین زد.

5. Farrel (1957).

برنامه‌ریزی خطی پیشنهاد کرد. او کارایی را به صورت نسبت ستانده بـه نهـاده $(\frac{Y}{X})$ تعریـف کـرد و برای بنگاه‌هایی که با یک ستانده و چند نهاده کار می‌کنند، تابع مرزی را چنان بر مجموعه‌ای از ستانده و نهاده‌ها برازش داد که حاصل برازش فوق یک تابع با خطوط قطعه قطعه به‌دست آمد.

اما مشکل همچنان برای حالتی که یک واحد یا یک سازمان دارای چند ستانده باشد، وجود داشـت. در این حالت صورت و مخرج کسر از جمع ستانده‌ها و نهاده‌ها تشکیل می‌شود، اما ستانده‌ها و نهاده‌ها را چگونه می‌توان با هم جمع کرد؟ آیا همه نهاده‌ها به یک اندازه در ایجـاد سـتانده‌هـا نقـش داشـته‌انـد؟ به‌عبارت دیگر، آیا ضریب اهمیت آنها یکسان است؟ به عنوان مثال، آیـا شـرکت در یکـی از عقـود مـثلاً مضاربه برای بانک با وصول یک چک به همان مبلغ، ارزش یکسانی دارد؟ مسلماً نقش نهاده‌ها وستانده‌ها متفاوت است و باید ضرایب متفاوتی برای این متغیرها لحاظ کنیم. یعنی:

$$\text{کارایی} = \frac{U_1Y_1 + U_2Y_2 + \ldots}{V_1X_1 + V_2X_2 + \ldots}$$

(X نهاده و Y ستانده است).

۴-۱. این ضرایب چگونه تعیین می‌شوند؟

بعضی از پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که به‌جای ضریب اهمیت متغیرها، از قیمت آنها استفاده شود. اما قیمت‌ها همیشه در دسترس نیستند و اصولاً برخی از ستانده‌ها و نهاده‌ها قیمت ندارند.

چـارنز، کـوپر و رودز[1] در سـال ۱۹۷۸ توانسـتند مشـکل محاسـبه ضـرایب را برطـرف کننـد. روش پیشنهادی آنها که مدل CCR نامیده می‌شود، پس از تعیین منحنی مرزی کارآ، مشخص می‌کنـد کـه بنگاه‌ها یا واحدهای تصمیم‌ساز در کجای این مرز قرار دارند و برای رسیدن به مرز کارآ چـه ترکیبـی از نهاده‌ها و ستانده‌ها باید انتخاب شود.

۴-۲. مشکل مشخص نبودن ضرایب چگونه حل می‌شود؟

برای این منظور پیشنهاد شده که هر بنگاه یا واحد تصمیم‌ساز[2] (DMU) هر وزنـی را کـه مـی‌خواهـد برای ستانده‌ها و یا نهاده‌های خود در نظر بگیرد، به شرط آنکه وقتی این اوزان، در محاسبهٔ کارایی سایر واحدهای دیگر لحاظ می‌شود، کارایی آنها را بیشتر از یک نسازد. این اساس کار در روش تحلیل پوششی داده‌ها است. برای بنگاه فرضی p داریم:

---

1. Chrnes, Cooper and Rhodes (1978).
2. Decision Making Unit.

$$Max \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rp} Y_{rp}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ip} X_{ip}}$$

$$s.t \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rp} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ip} X_{ij}} \le 1 \qquad j = 1,2,\ldots,n$$

$$u_r \ , v_i \ge 0$$

در روابط فوق؛ X ، Y ، u و v به ترتیب، مقادیر ورودی‌ها (نهاده‌ها)، خروجی‌ها (ستانده‌ها)، وزن متغیرهای ورودی و وزن متغیرهای خروجی هستند[1]. از این روابط هدف به‌دست آوردن مقادیر بهینه u و v برای هر بنگاه بوده و مقادیر X و Y معلوم است. لیکن، روابط کسری بالا تعداد بیشماری جواب بهینه خواهد داشت. برای مثال اگر v^* و u^* مقادیر بهینه باشند، آن‌گاه αv^* و αu^* نیز (به ازای مقادیر $\alpha > 0$) بهینه خواهد بود. از طرفی حل مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی نیز به سادگی امکان‌پذیر نیست. لذا، به منظور برطرف کردن این دو مشکل، با یک تغییر متغیر و یکسری عملیات ریاضی، روابط فوق به‌صورت زیر در می‌آید:

$$Max \quad \sum_{r=1}^{s} \mu_{rp} Y_{rp}$$

$$s.t \quad \sum_{i=1}^{m} V_{ip} X_{ip} = 1 \qquad j = 1,2,\ldots,n$$

$$\sum_{r=1}^{s} \mu_{rp} Y_{rj} - \sum_{j=1}^{m} V_{ip} X_{ij} \le 0$$

$$\mu_r \ , V_i \ge 0$$

مدل CCR، در برخی مواقع در حین محاسبهٔ کارایی، برای ورودی‌ها و یا خروجی‌های مدل، ضریب صفر را تعیین می‌کند. ضریب صفر باعث می‌شود که متغیر مزبور در محاسبهٔ کارایی مؤثر نباشد. برای

---

۱. در این روش، به‌منظور جامعیت بخشیدن به مفهوم نهاده و ستانده از مفاهیم ورودی و خروجی استفاده می‌شود. بنا به تعریف متغیر ورودی، متغیری است که با افزایش آن میزان کارایی(به شرط ثبات سایر متغیرها) کاهش می‌یابد و خروجی متغیری است که با افزایش آن میزان کارایی (به شرط ثبات سایر متغیرها) افزایش می‌یابد (غضنفری ۱۳۸۱).

رفع این مشکل، به‌جای استفاده از قید $V_i \geq 0$, μ_r از قید $V_i \geq \varepsilon$, μ_r استفاده می‌شود که در آن $\varepsilon > 0$ است. این روش که در حقیقت تکامل یافته مدل CCR است، به مدل CCR/ε معروف بوده و تنها تفاوت آن با مدل CCR در قید $V_i \geq 0$, μ_r است. حال با توجه به این تغییر، دوگان مسئله CCR/ε را می‌نویسیم، زیرا مسئله دوگان قیود کمتری نسبت به مسئله اولیه دارد، داریم:

$$Max \qquad \theta_p - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^{m} p_i + \sum_{r=1}^{s} q_r\right)$$

$$s.t \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_{ij} - p_i \leq \theta_p X_{ip} \qquad i=1,2,....,m$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_{rj} - q_r \geq Y_{rp} \qquad i=1,2,....,s$$

$$\theta_p \ , \lambda_j , p_i , q_r \geq 0$$

θ و λ متغیرهای مسئله دوگان مدل اولیه و p و q متغیرهای کمکی هستند.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در محاسبهٔ کارایی n بنگاه ، n مسئله برنامه‌ریزی خطی (به تعداد بنگاه‌ها) وجود دارد، که باید برای تک‌تک آنها حل شود.

در روش تحلیل پوششی داده‌ها، چون به هر واحد اجازه داده می‌شود برای هر یک از عوامل تولید و یا محصولات خود وزن دلخواهی را انتخاب کند (تا کارایی خود را حداکثر نماید)، اگر بنگاهی کارایی صددرصد پیدا کرد، نمی‌توان با قاطعیت گفت که این بنگاه کارآ است؛ ولی عکس قضیه صادق نیست. چون اگر بنگاهی ناکارآ اعلام شود، به این مفهوم است که حتی اگر برای این بنگاه بهترین شرایط نیز فراهم شود، باز هم نمی‌تواند به کارایی صددرصد برسد. البته، بنگاه‌های کارآ نیز مجدداً به روش‌های مختلف رتبه‌بندی می‌شوند.

مدل CCR بر مبنای حداقل‌سازی عوامل تولید و با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس طراحی شد. سپس بنکر، چارنز و کوپر[1] (BCC) در سال ۱۹۸۴ بازده به مقیاس را به مدل CCR افزودند. این روش در حین اندازه‌گیری کارایی، نوع بازده نسبت به مقیاس را نیز به تفکیک برای بنگاه‌ها ارائه می‌کند. مدل‌های محاسبهٔ کارایی امروزه پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای کرده‌اند و با این پیشرفت و تکامل، در حال حاضر DEA یکی از حوزه‌های فعال پژوهشی در اندازه‌گیری کارایی به شمار می‌رود[2].

---

1. Banker,Charnes & Cooper (1984).

۲. برای مطالعه بیشتر می‌توانید به پایان‌نامهٔ آقای محمد خدابخش (۱۳۷۸) و سید حسن غضنفری (۱۳۸۱) مراجعه کنید.

۵. متغیرهای مدل

فعالیت اصلی کارخانجات قند چغندری استحصال شکر از چغندر قند است، لیکن، این کارخانجات به تصفیه شکر خام نیز می‌پردازند[۱]. در این پژوهش تنها فعالیت اول (و اصلی) این کارخانجات مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این منظور؛ اطلاعات مربوط به کارخانجات قند از سندیکای کارخانجات قند و شکر ایران اخذ و مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش با استفاده از داده‌های خام، شاخص‌های مختلفی به شرح زیر ساخته شد تا ضمن ترکیب دو یا چند متغیر، ارزیابی کارایی کارخانجات با دقت بیشتری انجام گیرد. همچنین، به منظور از بین بردن اثر حجم متغیرها و فارغ از واحد کردن آنها، متغیرها استاندارد شده‌اند.

الف) خروجی‌ها

ضریب استحصال: این متغیر نشانگر توانایی کارخانه در استحصال شکر موجود در چغندر قند است، که به طریقهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ضریب استحصال} = \frac{\text{وزن شکر تولیدی}}{\text{وزن شکر موجود در چغندر}}$$

$$\text{وزن شکر موجود در چغندر قند} = \text{وزن چغندر مصرفی} \times \text{درصد عیار چغندر}^{۲}$$

خرید به ظرفیت: از آنجا که معمولاً کارخانجات قند زیر ظرفیت اسمی خود کار می کنند، خرید به ظرفیت به‌عنوان متغیری که استفاده از ظرفیت را نشان می‌دهد، به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$\text{خرید به ظرفیت} = \frac{\text{وزن چغندر مصرفی}}{\text{ظرفیت کارخانه}}$$

در رابطهٔ فوق، ظرفیت کارخانه با توجه به مدت زمان فعالیت آن محاسبه شده است.

$$\text{ظرفیت کارخانه} = \text{ظرفیت روزانه} \times \text{مدت زمان کارکرد}$$

ملاس: محصول فرعی کارخانجات قند است (که به تُن محاسبه شده است).

ضایعات: ضایعات محصولی است که در مراحل مختلف شستشو، خلال کردن، تهیه و تصفیه شربت، پخت و... تولید می‌شود (به‌عبارتی شکر از بین می‌رود). میزان ضایعات به‌صورت درصدی از میزان چغندر

---

۱. فرحناز کشاورز (۱۳۷۱).

۲. عیار چغندر از میانگین وزنی عیار چغندرهای مصرف شده در طول دوره به دست آمده است.

مصرفی محاسبه شده و به‌دلیل آنکه محصول نامطلوب به‌شمار می‌رود، به‌صورت معکوس در مدل وارد شده است.

ب) ورودی

۱) نیروی کار: نیروی کار در کارخانجات قند به‌صورت دائم و فصلی است که جمع آن به صورت نفر-روز محاسبه شده است.

۲) سرمایه: دومین عامل تولید، سرمایه است. لیکن، از آنجایی که میزان سرمایه را نمی‌توان به‌صورت فیزیکی بیان کرد و میزان ریالی آن نیز(با توجه به قیمت‌های دفتری) قابل استفاده نیست، از ظرفیت اسمی به‌عنوان متغیر جانشین، برای سرمایه استفاده شده است. بدین ترتیب که سرمایه کارخانه‌ای با ظرفیت ۲۰۰۰ تُن چغندر قند در روز، ۲ برابر کارخانهٔ ۱۰۰۰ تُنی فرض شده است.

۳) زمان اضافه: معمولاً کارخانجات قند با ظرفیت روزانهٔ خود کار نمی‌کنند. مثلاً یک کارخانهٔ ۲۰۰۰ تُنی به‌جای استحصال ۲۰۰۰ تُن چغندر قند در روز، بین ۱۰۰۰-۱۵۰۰ تُن چغندر قند در روز استحصال می‌کند. لذا، عملاً مدت زمان بیشتری را (نسبت به مدت زمانی که براساس ظرفیت اسمی مشخص می‌شود)، برای استحصال چغندر قند خریداری شده صرف می‌کند[۱]. برای محاسبهٔ زمان اضافه، ابتدا باید مدت زمان لازم برای استحصال چغندر را با توجه به ظرفیت اسمی کارخانه محاسبه کرد. زمان مطلوب از تقسیم چغندر مصرفی بر ظرفیت روزانه به‌دست می آید:

$$\text{زمان مطلوب} = \frac{\text{وزن چغندر مصرفی}}{\text{وزن ظرفیت روزانه}}$$

مفهوم زمان مطلوب این است که مثلاً یک کارخانهٔ ۱۰۰۰ تُنی برای استحصال ۵۰۰۰۰ تُن چغندر قند باید ۵۰ روز کارکند. حال، برای به‌دست آوردن زمان اضافی، کافی است که زمان مطلوب را از زمان کارکرد کارخانه کسر کرد.

زمان مطلوب - زمان کارکرد = زمان اضافی

۶. نتایج تجربی

در این پژوهش ابتدا، کارایی فنی با استفاده از مدل CCR/ε (که فرض بازده به مقیاس ثابت را تحمیل می‌کند)، محاسبه شده و پس از آن، کارایی مقیاس براساس مدل BCC/ε (که در حالت بازدهی‌متغیر نسبت به مقیاس قابل‌حل است) به‌دست آمده است. در انتها نیز بنگاه‌های‌کارآ رتبه‌بندی شده‌اند.

---

۱. مدت زمان مطلوب برای استحصال چغندر در ایران بین ۹۰ تا ۱۰۰ روز است. هر چه مدت زمان استحصال، از این مدت بیشتر شود، عیار چغندر با شدت بیشتری کاهش می‌یابد.

الف) کارایی فنی

برای محاسبهٔ کارایی فنی از مدل CCR/ε با قید ضریب ملاس کمتر یا مساوی ضریب استحصال استفاده شده است. علت استفاده از این مدل آن است که **اولاً** ، مدل CCR/ε تضمین کنندهٔ آن است که برای هیچ متغیری ضریب صفر در نظر گرفته نشود و **ثانیاً**، قید ملاس باعث می‌شود که ضریب ملاس نیز همواره کوچکتر یا مساوی ضریب استحصال انتخاب شود (زیرا، اهمیت ملاس به‌طور مشخص از شکر کمتر است). براساس نتایج این روش[1]، ملاحظه می‌شود که۷ کارخانه از ۳۳ کارخانه‌قند به طور نسبی دارای کارایی ۱۰۰٪ است. همچنین، دامنهٔتغییرات کارایی کارخانجات‌قند بین۴٪ تا۱۰۰٪ به‌دست آمده و میانگین‌کارایی کل‌صنعت برابر ۶۹٪ است. حال، به بررسی فرضیات‌پژوهش پرداخته می‌شود.

۱) کارخانجات موجود در سازمان بورس

در رابطه با فرضیه اول پژوهش ملاحظه می‌شود که کارخانجات موجود در بورس دو دسته هستند، دستهٔ اول شامل ۴ کارخانهٔ پیرانشهر، قزوین، اصفهان و نیشابور است که همگی دارای کارایی ۱۰۰٪ است. لذا، مشاهده می‌شود که از ۷ کارخانهٔ کارآ ۴ کارخانهٔ آن در بورس فعالیت دارند. دستهٔ دوم شامل ۱۳ کارخانهٔ نقش جهان(۹۸٪)، تربت جام(۸۹٪)، قهستان(۷۹٪)، خوی (۶۵٪)، بیستون(۶۴٪)، شیروان(۶۳٪)، تربت حیدریه(۵۸٪)، شیرین(۵۴٪)، لرستان(۵۲٪)، همدان(۵۲٪)، شاهرود(۵۰٪)، مرودشت(۴۲٪) و پارس(۴۱٪) است که کارایی این کارخانجات (به استثنای نقش جهان، تربت جام و قهستان) از میانگین صنعت پایین‌تر است. میانگین کارایی این ۱۳ کارخانه ۶۲٪ بوده که ۷٪ از میانگین کارایی صنعت کمتر می‌باشد. با توجه به مطالب فوق ملاحظه می‌شود که صرف حضور یک کارخانه در بورس، نشان‌دهندهٔ کارایی بالاتر نیست.

۲) کارخانجات سازمان اتکا

کارخانجات قند سازمان اتکا، شامل میاندوآب (۱۰۰٪) ، اسلام‌آباد (۷۴٪) و فسا (۶۸٪) در بین کارخانجات قند، رتبه‌های ۱، ۱۴ و۱۶ را دارا بوده و میانگین کارایی این کارخانجات (۸۱ ٪) از میانگین کارایی کل صنعت (۶۹٪) به مراتب بالاتر است. لذا، با توجه به اینکه کارایی کارخانجات سازمان اتکا از میانگین کارایی صنعت بالاتر بوده و کارایی کارخانهٔ میاندوآب نیز ۱۰۰٪ است، نمی‌توان گفت که کارایی کارخانجات سازمان اتکا پایین است.

ب) کارایی مقیاس

مقایسهٔ کارخانجات، با ظرفیت‌های مختلف نشان می‌دهد که کارخانه‌های بزرگ از کارخانجات کوچک کارآتر هستند. ظرفیت ۷ کارخانهٔ کارآ بزرگتر یا مساوی ۱۵۰۰ تُن چغندر قند در روز بوده و میانگین ظرفیت آنها حدود ۲۴۰۰ تُن چغندر قند در روز است. در ضمن، میانگین کارایی ۱۱ کارخانه با ظرفیت

---

۱. نتایج کارایی فنی در جدول (۱) پیوست آمده است.

بیشتر از ۲۰۰۰ تُن چغندر قند در روز معادل ۷۶٪ بوده که حدود ۷٪ از میانگین صنعت بالاتر است. بنابراین، اگرچه کارایی برخی کارخانجات بزرگ مانند دزفول، شیروان، شیرین و تربت حیدریه از میانگین کارایی صنعت پایین‌تر است، ولی در مجموع می‌توان بیان کرد که کارخانجات بزرگتر، کارایی بالاتری دارند[1]. با توجه به مطلب فوق، این بحث مطرح می‌شود که علت کارآتر بودن کارخانجات بزرگ آن است که آنها از صرفه جویی‌های ناشی از مقیاس بهره می‌برند. لذا، برای روشن شدن این موضوع، کارایی مقیاس(BCC/ε) کارخانجات قند محاسبه می‌شود. با این کار، بنگاه‌های بزرگ با هم و بنگاه‌های کوچک نیز باهم مقایسه می‌شوند.

نتایج محاسبهٔ کارایی مقیاس[2] نشان می‌دهد که در این حالت ۱۲ بنگاه به مرز کارایی رسیده و میانگین کارایی کارخانجات قند نیز معادل ۷۵٪ شده است. با نگاه کلی به نتایج حاصل از مدل فوق با مدل CCR/ε ، ملاحظه می‌شود که با اعمال فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، کارایی کارخانجات ۲۰۰۰ تُنی و بیشتر افزایش یافته است. این امر به‌گونه‌ای است که از ۱۲ کارخانهٔ کارآ، ۶ کارخانه دارای مقیاس بزرگ است، ضمن آنکه میانگین کارایی کارخانجات بزرگ برابر ۸۵٪ شده که ۱۰٪ از میانگین صنعت بالاتر است. لذا، ملاحظه می‌شود هنگامی‌که کارخانجات بزرگ با هم در نظر گرفته می‌شوند، وضعیت بهتری پیدا می‌کنند. در مورد کارخانجات کوچک نیز علی رغم آنکه ۶ کارخانه به مرز کارایی رسیده‌اند، همچنان میانگین کارایی آنها (۶۸٪) از میانگین کارایی مقیاس صنعت (۷۵٪) کوچکتر است. بنابراین، ملاحظه می‌شود که، حتی با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس نیز، وضعیت کارخانجات کوچک بهبود نمی‌یابد. بنابراین، عدم کارایی این بنگاه‌ها نسبت به بنگاه‌های بزرگتر را نمی‌توان به علت مقیاس کوچک آنها دانست. چرا که وقتی بنگاه‌های کوچک، با هم نیز مقایسه می‌شوند، وضعیت مطلوبی پیدا نمی‌کنند. همچنین، افزایش کارایی کارخانجات بزرگ، نشان می‌دهد که مشکلات این کارخانجات شبیه هم بوده است. لذا وقتی با هم مقایسه شده‌اند، کارایی آنها افزایش یافته است. مطلب فوق این نظریه (کارشناسان صنعت قند)، که عرضهٔ ناکافی چغندر را، علت اصلی ناکارایی کارخانجات قند می‌دانند، تقویت می کند. چرا که کارخانجات بزرگ در صورتی که نتوانند چغندر مورد نیاز خود را تهیه کنند، نهاده‌های ثابت بیشتری (نظیر سرمایه، نیروی کار دائم) را هدر می‌دهند تا کارخانجات کوچک. به همین علت است که، وقتی کارخانجات بزرگ با کارخانجات کوچک مقایسه می‌شوند، تنها ۳ کارخانه به مرز کارایی می‌رسند، ولی هنگامی که کارخانجات بزرگ با هم مقایسه می‌شوند (چون کارایی به‌دست آمده نسبی است)، ضمن آنکه ۶ کارخانه به مرز کارایی می‌رسند، میانگین کارایی آنها (۸۵٪) نیز ۱۰٪ از میانگین صنعت پیشی می‌گیرد. در ادامه، به بررسی فرضیات پژوهش براساس کارایی مقیاس پرداخته خواهد شد.

---

۱. جداول (۲) و (۳) پیوست کارایی کارخانجات بزرگ و کوچک را به تفکیک نشان می‌دهد.
۲. نتایج کارایی مقیاس در جدول (۴) پیوست آمده است.

۱) کارخانجات موجود در بورس

این کارخانجات همچنان در دو دسته قرار دارند. دستهٔ اول، شامل ۶ کارخانهٔ اصفهان ، بیستون، پیرانشهر، نقش‌جهان، نیشابور و قزوین است که همگی دارای کارایی ۱۰۰٪ هستند. دستهٔ دوم، شامل ۱۱ کارخانهٔ باقی‌مانده است که کارایی آنها در این حالت نیز از میانگین کارایی صنعت پایین‌تر است. در مجموع نیز، میانگین کارخانجات موجود در بورس حدود ۷۵٪ (معادل میانگین کارایی صنعت) است.

۲) کارخانجات قند سازمان اتکا

کارایی کارخانجات قند سازمان اتکا با استفاده از مدل BCC/ε برای کارخانهٔ میاندوآب، فسا و اسلام‌آباد به ترتیب ۱۰۰٪، ۱۰۰٪ و ۹۶٪ به‌دست آمده است که وضعیت مطلوبی را نشان می‌دهد. همچنین، میانگین کارایی این کارخانجات (۹۸٪) از میانگین کارایی صنعت (۷۵٪) بسیار بیشتر است. بنابراین، در این حالت نیز فرضیه اول پژوهش اثبات نمی‌شود.

۷. رتبه‌بندی واحدهای کارآ

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با تعیین کارایی فنی به روش تحلیل‌پوششی داده‌ها، ۶ بنگاه کارایی ۱۰۰٪ را به خود اختصاص داده‌اند. حال، سؤال این است که کدامیک از این‌کارخانجات کارآتر هستند. در روش تحلیل پوششی داده‌ها روش‌های مختلفی برای تعیین رتبه بنگاه‌های کارآ ارائه شده است، که در این مقاله تنها به روش اندرسون ـ پیترسون[1] که دارای مبانی تئوریک قوی‌تری نیز است، اشاره می‌شود. در این روش برای رتبه‌بندی واحدهای کارآ، با حذف بنگاه کارآی مورد بررسی از مجموعهٔ قیدهای برنامه‌ریزی خطی، به آن بنگاه اجازه می‌دهد که کارایی بیشتر از یک را اختیار کند. بنابراین، هر بنگاهی که کارایی بیشتری را کسب کرد، رتبهٔ بالاتری را دارد. نتایج رتبه‌بندی به روش اندرسون ـ پیترسون نشان می‌دهد که کارخانهٔ نیشابور(۱/۴۷)، پیرانشهر(۱/۳۶)، جوین(۱/۲۲)، اصفهان(۱/۱۴)، اقلید(۱/۱۴)، میاندوآب(۱/۱۴) و تربت جام (۱/۰۲) رتبه‌های اول تا هفتم را کسب کرده‌اند.

۸. بهینه‌سازی یک بنگاه ناکارآ

یکی از مزیت‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، معرفی بنگاه مرجع (مجازی) برای کارآ کردن یک بنگاه ناکارآ است. در این روش برای هر بنگاه ناکارآ، ترکیبی از بنگاه‌های کارآ، بنگاهی را می‌سازند که الگوی بنگاه مورد نظر قرار می‌گیرد (بنگاه‌های کارآ، هر کدام با وزن خاصی که از حل مدل به‌دست می‌آید، در بنگاه مرجع بنگاه ناکارآ حضور دارند). با توجه به بنگاه مرجع به‌دست آمده، مقادیر پیشنهادی برای کارآ کردن بنگاه ناکارآ به دست می‌آید. جدول زیر، مقادیر پیشنهادی برای کارآ کردن بنگاه ناکارآی فسا را نشان می‌دهد.

1. Anderson & Peterson.

جدول-۱. مقادیر پیشنهادی برای کارآ نمودن کارخانهٔ قند فسا*

متغیر	مقادیر پیشنهادی برای استحصال میزان چغندر اولیه است				چغندر
	تعداد کارگر	مدت کارکرد	زمان اضافه	ملاس	خریداری
مقادیر اولیه	۱۴۳۵۶۰	۱۳۲	۵۱	۳۴۰۳	۶۶۱۵۹
مقادیر پیشنهادی	۴۹۵۹۸	۹۹	۷	۳۸۰۸	۸۸۸۰۰

* این جدول فقط شامل متغیرهایی است که باید تغییر پیدا کنند.

۹. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا، با استفاده از مدل CCR/ε با قید ضریب ملاس کوچکتر یا مساوی ضریب استحصال کارایی کارخانجات قند محاسبه و ملاحظه شد که ۷ کارخانه از ۳۳ کارخانه قند دارای کارایی ۱۰۰٪ است که البته این کارآ بودن، نسبی است. به‌عبارت دیگر، بنگاه‌هایی که کارایی آنها ۱۰۰٪ به‌دست آمده در میان کارخانجات مورد بررسی کارآ قلمداد شده‌اند و ممکن است در صورت کاهش و یا افزایش تعداد مشاهدات، کارایی این بنگاه‌ها نیز کم یا زیاد شود. به‌هرحال، میانگین کارایی کل صنعت در این روش برابر ۶۹٪ و دامنهٔ تغییرات آن بین ۴٪ تا ۱۰۰٪ به‌دست آمده است. براساس این نتایج کارخانجات قند سازمان اتکا از وضعیت نسبتاً مطلوبی برخوردار است، به‌گونه‌ای که میانگین کارایی این کارخانجات (۷۵٪) از میانگین کارایی کل صنعت (۶۹٪) بالاتر است. همچنین، در خصوص ۱۷ کارخانهٔ موجود در بورس نیز ملاحظه می‌شود که این کارخانجات دو دسته هستند. دستهٔ اول؛ شامل ۴ کارخانهٔ پیرانشهر، قزوین، اصفهان و نیشابور که همگی دارای کارایی ۱۰۰٪ بوده (باید توجه داشت که از۷ کارخانهٔ کارآ در صنعت قند، ۴ کارخانهٔ آن در بورس فعالیت دارند) و دستهٔ دوم، شامل ۱۳ کارخانه که میانگین کارایی آنها از میانگین کارایی صنعت قند حدود ۱۰٪ پایین‌تر است. ضمن آنکه دامنهٔ تغییرات کارایی کارخانجات موجود در بورس در محدودهٔ ۴۱٪ تا ۱۰۰٪ در نوسان است. با توجه به مطالب فوق می‌توان دریافت که صِرف حضور در سازمان بورس، نمی‌تواند نشان‌دهندهٔ کارایی بالاتر باشد. در ادامه با استفاده از مدل BCC/ε که کارایی را در شرایط بازدهی متغیر نسبت به مقیاس محاسبه می‌نماید، کارایی مقیاس کارخانجات قند محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده از این روش، میانگین کارایی کارخانجات قند را حدود ۷۵٪ نشان می‌دهد. همچنین مقایسه کارایی کارخانجات کوچک با کارخانجات بزرگ (و مقایسه آن با میانگین کارایی صنعت) در دو روش محاسبهٔ کارایی، نشان داد که بالاتر بودن کارایی کارخانجات بزرگ، صرفاً به‌دلیل استفاده از صرفه جویی‌های ناشی از مقیاس نیست. اما به‌هرحال، این کارخانجات هنگامی که با کمبود یکی از نهاده‌های تولید مانند چغندر قند (که معمولا نیز با کمبود آن مواجه هستند) روبه‌رو می‌شوند، مجبور به پرداخت هزینه‌های بیشتری نسبت به کارخانجات کوچکتر هستند. در انتها نیز، نتایج رتبه‌بندی به روش اندرسون ـ پیترسون نشان داد که کارخانجات نیشابور

(بورس). پیرانشهر (بورس)، جوین، اصفهان (بورس)، اقلید، میاندوآب (اتکا) وقزوین (بورس) به ترتیب رتبه‌های اول تا هفتم را به خود اختصاص داده‌اند.

۱۰. پیشنهادها

با توجه به مطالب فوق و نتایج به‌دست آمده از محاسبهٔ کارایی به روش های فوق، پیشنهادهای زیر را می‌توان جهت کارآ کردن کارخانجات قند کشور، ارائه کرد:

مهمترین عامل در کاهش کارایی کارخانجات قند، ناکافی بودن عرضه چغندر (که باعث بیکاری سایر نهاده‌های تولید و عدم توفیق در رسیدن به ظرفیت اسمی است)، است. اما عرضه چغندر تا حدود زیادی مربوط به عملکرد خود کارخانجات قند است، چرا که تهیه بذر، تسهیلات مالی و غیره، برای چغندرکاران به وسیلهٔ کارخانجات قند تأمین می‌شود. لذا ارائه هر چه بهتر موارد فوق، می‌تواند به افزایش تولید چغندر برای پاسخ‌گویی به تقاضای کارخانجات کمک کند. لذا، با قیمت‌گذاری مناسب و سودآور کردن این فعالیت، می‌توان کشاورزان را به افزایش "زمین زیر کشت" و "عملکرد در هکتار" ترغیب کرد. از سوی دیگر، چون قیمت چغندر براساس قیمت شکر (که دولت تعیین می‌کند) مشخص می‌شود، نحوهٔ صحیح قیمت‌گذاری شکر و یا دو نرخه کردن آن در بازار می تواند تا حدود زیادی این مشکل را حل کند.

با توجه به مطلب فوق و بالا بودن کارایی مقیاس کارخانجات قند، نتیجه گرفته می‌شود که؛ یکی دیگر از علل مهم ناکارایی کارخانجات قند، بیکاری نهاده‌های تولید است. بنابراین، برای افزایش کارایی کارخانجات قند باید استفاده از نهاده‌های تولید کاهش یابد ولی از آنجا که تغییر نهاده‌هایی مانند نیروی کار و سرمایه به سادگی امکان‌پذیر نیست، بیشترین فشار بر روی مدت کارکرد کارخانه و نیروی کارموقت آورده می‌شود.

در نهایت نیز می‌توان گفت که قدمت زیاد کارخانجات قند باعث کاهش کارایی این کارخانجات شده است. این مطلب در حالی است که از سال ۱۳۶۱ تاکنون هیچ کارخانه چغندری احداث نشده و میانگین سنی کارخانجات (بدون درنظر گرفتن بازسازی‌های انجام شده) ۴۱ سال است. قدیمی بودن کارخانجات قند موجب می‌شود که این کارخانه‌ها برای استحصال چغندر، زمان بیشتری را نسبت به ظرفیت اسمی خود برای این کار اختصاص دهند. لذا ، مدت زمان مطلوب برای استحصال‌چغندر در ایران بین ۹۰ تا ۱۰۰ روز است و هر چه این دوره افزایش یابد، عیار چغندر نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین کاهش مدت زمان کارکرد، که اکنون به‌طور متوسط ۱۲۰ روز است، می‌تواند به بهبود کارایی این کارخانجات کمک کند.

منابع

ابطحی، حسن و کاظمی، بابک. (۱۳۷۵). *بهره‌وری*. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، چاپ اول.

اردهالی، محمد. (۱۳۶۰). *اقتصاد شکر*. نشریه داخلی بانک صنعت و معدن.

امامی میبدی، علی. (۱۳۷۹). *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری*. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

پیمان، سید حسین. (۱۳۷۴). *بهره‌وری و مصداق‌ها*. نشر زمینه، چاپ اول.

حیدری، کیومرث. (۱۳۷۹). ارزیابی کارایی نیروگاه‌های تولید برق کشور. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد* دانشگاه شهید بهشتی.

خدابخش، محمد. (۱۳۷۸). روش‌ها و مدل‌های جدید در روش تحلیل پوششی داده‌ها. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، رشته ریاضی محض دانشگاه تربیت معلم.

رضایی، جواد. (۱۳۸۱). ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه آهن ج.ا.ا به روش تحلیل پوششی داده‌ها. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شهید بهشتی.

سازمان بورس اوراق بهادار. (۱۳۷۸). *خلاصهٔ وضعیت‌های مالی شرکت‌های تولید قند و شکر*.

علیرضایی، محمد رضا. (۱۳۷۲). داده‌های اریب در تحلیل پوششی داده‌ها. *رساله دکتری ریاضی*، دانشگاه تربیت معلم.

غضنفری، سید حسن. (۱۳۸۱). کارایی کارخانجات صنعت قند کشور«به روش تحلیل پوششی داده‌ها. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شهید بهشتی.

فرهنگ، منوچهر. (۱۳۷۲). *فرهنگ علوم اقتصادی*. انتشارات البرز.

کشاورز، فرحناز و علمی، فرحناز. (۱۳۷۱). *بررسی وضعیت قند و شکر ایران*. وزارت امور اقتصادی و دارایی.

مقیسه، علی اصغر. (۱۳۷۷). بازده به مقیاس در تحلیل پوششی داده‌ها. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، رشته ریاضی محض دانشگاه تربیت مدرس.

وزرات بازرگانی. (۱۳۷۸). *نگاهی به تولید، توزیع، واردات و قیمت شکر*. سازمان بازرسی و نظارت.

Affrit, S.N. (1972). Efficiency Estimation of Production Function. *International Economic Review,* No. 13, PP. 568-598.

Aigner, A Lovell, C.A.K, Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Production Function Models. *Journal of Econometrics*, No. 86, PP. 21-37.

Banker,R.D.A.Charnes and W.W. Cooper. (1984). Some Models For Estimating Technical Scale Efficiencies in Envelopment Analysis. *Management Science*, Vol.30, No. 9, PP. 1078-1092.

Cantos, Pedro. (2000). Productivity, Efficiency, and Technical Chang in the European railway:A Non − Parametric Approach. *International journal of Transport Economic*, Vol. 1, No. 25, PP. 27-55.(e-mail: Pedro.Cantos@ uv.es)

Charnes, A.W.W.Cooper and Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research,* No.2, PP. 429-444.

Coelli,Time. A Guide To Frontier Version 4.1:A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. Center for Efficiency and Productivity Analysis. *University of New England, Australlia,* http://WWW.une.edu.au/econometrics/cepa.htm

Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistics Society* ,SeriesA,Vol.120, No. 3, PP. 253-281.

Gerint, Johnes and Jill, Johnes. (1993). Measuring The Research Performance of U.K. Economic Department: An Application of Data Envelopment Analysis**.** *Oxford Economic Paper.* No. 45, PP. 332-347.

Green, W.M. (1980). Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Function. *Journal of Econometrics*, No. 46, PP. 39-56

Lovell, C.A.K. (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. In The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications,edilted by Haroldo. Fried, C.A.K. Lovell, and Schmidt, *Oxford University Press,* No. 25, PP. 3-67.

Meeusen, W. and J. Van Den Broeck. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error. *International Economic Review*, No. 18, PP. 435-444.

Perelman, S. and Pestieau, P. (1988). Technical Performance in Public Enterprises: A Comparative Study of Railways and Postal Services. *European Economic Review*, No. 32, PP. 432-441.

پیوست

جدول- ۱. مقادیر کارایی فنی به روش CCR / ε

نام کارخانه	ظرفیت	کارایی فنی
اصفهان (بورس)	۴۰۰۰	۱۰۰
اقلید	۱۵۰۰	۱۰۰
پیرانشهر	۱۵۰۰	۱۰۰
جوین	۴۰۰۰	۱۰۰
قزوین (بورس)	۲۰۰۰	۱۰۰
میاندوآب (بورس)	۱۸۰۰	۱۰۰
نیشابور (بورس)	۱۵۰۰	۱۰۰
نقش جهان (بورس)	۱۵۰۰	۹۸
فریمان	۲۵۰۰	۹۸
تربت جام (بورس)	۱۵۰۰	۸۹
چناران	۱۰۰۰	۸۶
قهستان(بورس)	۱۰۰۰	۷۹
آبکوه	۲۵۰۰	۷۵
اسلام‌آباد (اتکا)	۱۰۰۰	۷۴
مغان	۵۰۰۰	۷۲
فسا (اتکا)	۸۰۰	۶۸
چهارمحال	۱۵۰۰	۶۷
بردسیر	۱۰۰۰	۶۵
خوی (بورس)	۱۵۰۰	۶۵
بیستون(بورس)	۲۲۰۰	۶۴
شیروان(بورس)	۴۰۰۰	۶۳
تربت حیدریه (بورس)	۲۰۰۰	۵۸
ارومیه	۱۵۰۰	۵۵
شیرین (بورس)	۳۰۰۰	۵۴
لرستان(بورس)	۱۵۰۰	۵۲
همدان (بورس)	۱۵۰۰	۵۲
دزفول	۵۰۰۰	۵۱
شاهرود(بورس)	۱۱۰۰	۵۰
مرودشت (بورس)	۱۶۵۰	۴۲
پارس (بورس)	۱۵۰۰	۴۱
شازند	۱۰۰۰	۳۲
یاسوج	۱۰۰۰	۲۳
ممسنی	۱۰۰۰	۴

جدول-۲. مقادیر کارایی مقیاس به روش BCC / ε

نام کارخانه	کارایی مقیاس
آبکوه	۱۰۰
اصفهان (بورس)	۱۰۰
اقلید	۱۰۰
بیستون(بورس)	۱۰۰
پیرانشهر (بورس)	۱۰۰
جوین	۱۰۰
فسا (اتکا)	۱۰۰
قزوین (بورس)	۱۰۰
میاندوآب (بورس)	۱۰۰
نقش جهان (بورس)	۱۰۰
نیشابور (بورس)	۱۰۰
فریمان	۱۰۰
اسلام‌آباد (اتکا)	۹۶
تربت جام (بورس)	۹۰
چناران	۸۹
مغان	۸۳
قهستان(بورس)	۸۰
چهارمحال	۷۴
خوی (بورس)	۶۹
بردسیر	۶۸
شیروان(بورس)	۶۷
شیرین (بورس)	۶۳
ارومیه	۶۲
تربت حیدریه (بورس)	۶۰
دزفول	۵۶
همدان (بورس)	۵۶
لرستان(بورس)	۵۲
شاهرود(بورس)	۵۰
مرودشت (بورس)	۴۴
پارس (بورس)	۴۲
شازند	۳۹
یاسوج	۲۳
ممسنی	۴

جدول-۳. کارایی فنی و مقیاس کارخانجات کوچک

کارخانه	ظرفیت	کارایی فنی	کارایی مقیاس
فسا	۸۰۰	۶۸	۱۰۰
چناران	۱۰۰۰	۸۶	۸۹
قهستان	۱۰۰۰	۷۹	۸۰
بردسیر	۱۰۰۰	۶۵	۶۸
یاسوج	۱۰۰۰	۲۳	۲۳
اسلام آباد	۱۰۰۰	۷۴	۹۶
شازند	۱۰۰۰	۳۲	۳۹
ممسنی	۱۰۰۰	۴	۴
شاهرود	۱۱۰۰	۵۰	۵۰
تربت جام	۱۵۰۰	۸۹	۹۰
نقش جهان	۱۵۰۰	۹۸	۱۰۰
نیشابور	۱۵۰۰	۱۰۰	۱۰۰
اقلید	۱۵۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پارس	۱۵۰۰	۴۱	۴۲
چهارمحال	۱۵۰۰	۶۷	۷۴
لرستان	۱۵۰۰	۵۲	۵۲
ارومیه	۱۵۰۰	۵۵	۶۲
خوی	۱۵۰۰	۶۵	۶۹
همدان	۱۵۰۰	۵۲	۵۶
پیرانشهر	۱۵۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مرودشت	۱۶۵۰	۴۲	۴۴
میاندوآب	۱۸۰۰	۱۰۰	۱۰۰
میانگین	۱۳۰۰	۶۴	۶۸

جدول-۴. کارایی فنی و مقیاس کارخانجات بزرگ

کارخانه	ظرفیت	کارایی فنی	کارایی مقیاس
قزوین	۲۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تربت حیدریه	۲۰۰۰	۵۸	۶۰
بیستون	۲۲۰۰	۶۴	۱۰۰
آبکوه	۲۵۰۰	۷۵	۱۰۰
فریمان	۲۵۰۰	۹۸	۱۰۰
شیرین	۳۰۰۰	۵۴	۶۳
شیروان	۴۰۰۰	۶۳	۶۷
جوین	۴۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰
اصفهان	۴۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مغان	۵۰۰۰	۷۲	۸۳
دزفول	۵۰۰۰	۵۱	۵۶
میانگین	۳۳۰۰	۷۶	۸۵