

اندازه‌گیری بهره‌وری در شرکت‌های تولیدی به‌وسیله مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

نویسندگان: دکتر عادل آذر* و دکتر علیرضا مؤتمنی**

* دانشیار گروه مدیریت دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس

** استادیار گروه مدیریت دانشکده علوم انسانی دانشگاه سمنان

چکیده

اندازه‌گیری، جزء عناصر اصلی چرخه بهره‌وری بوده، نقش محوری در بهبود بهره‌وری ایفا می‌کند. در این مقاله برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های تولیدی، مدلی جامع با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و با دخالت عامل زمان در مدل‌های مزبور به‌عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) معرفی می‌گردد. به‌منظور یافتن مناسب‌ترین مدل از مدل‌های پایه‌ای DEA برای واحدهای تصمیم‌گیرنده زمانی (DMU_t) مدل‌های BCC-CCR و CCR-BCC و BCC و CCR براساس دو عامل واقع‌بینانه بودن و توان سنجش در یک شرکت تولیدی بزرگ مورد آزمون قرار گرفته و مدل CCR برای این منظور مناسب‌تر از سایر مدل‌ها تشخیص داده شده است.

با استفاده از مدل‌های DEA که از دقت و صحت بالایی به‌دلیل استفاده از رویکرد ریاضی برخوردارند، اندازه‌گیری واحدهای غیرمشابه در قالب DMU_t با روشی خاص فراهم می‌شود. در این پژوهش از نهاده‌ها و ستانده‌های غیرمحسوس براساس دوره‌های زمانی ماهیانه استفاده شده و به‌وسیله مدل‌های CCR و رتبه‌بندی کامل (AP) کارخانجات مختلف تحت نظارت شرکت مزبور که تولیدات مختلفی دارند با یکدیگر مقایسه شده و به این ترتیب امکان مقایسه واحدهای غیرمشابه که یکی از محدودیت‌های مدل‌های DEA است با روشی خاص میسر گردیده است. این وسیله، ابزار مناسبی برای کنترل و ارزیابی عملکرد شرکت‌های زیرمجموعه یک شرکت مرکزی (Holding Company) را فراهم نموده و امکان تخصیص صحیح مدیران به شرکت‌ها و توزیع پاداش و کارانه بین آن‌ها را براساس عملکرد امکان‌پذیر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، واحدهای غیرمشابه، مدل CCR، مدل AP

دوماهنامه علمی - پژوهشی

دانشگاه شاهد

سال یازدهم - دوره جدید

شماره ۸

دی ۱۳۸۳

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش تعداد بنگاه‌های اقتصادی، رقابت شدیدی در صحنه جهانی در زمینه فروش محصولات و خدمات در گرفته است. با توجه به محدودیت و گران قیمت بودن منابع، لزوم کاهش قیمت تمام شده به‌منظور داشتن توان لازم در بازار رقابتی، اصلی‌ترین دغدغه مدیریت در قرن حاضر بوده

و عملاً بقای سازمان‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. در این میان، بهبود بهره‌وری (Productivity) نقش بسزایی در کمک به سازمان‌ها ایفا می‌کند. بهره‌وری معیاری است که به کمک آن می‌توان به‌طور مستمر شرایط موجود را بهبود بخشید. بهره‌وری هم یک مفهوم و هم معیاری مناسب برای ارزیابی عملکرد پدیده‌ها است و در حقیقت، صرف منابع برای دستیابی به اهداف در آن

مختلف تولیدی در زمینه اندازه‌گیری بهره‌وری و بهبود آن در سازمان تحت نظارتشان کمک کند.

۲. تعریف بهره‌وری و اندازه‌گیری آن

استفاده از واژه بهره‌وری به بیش از دو قرن قبل باز می‌گردد. در فرهنگ لغات کلمه "Productive" به معنای تولید کردن و "قدرت تولید" از فعل "Produire" در زبان فرانسه و یا "Produce" در زبان انگلیسی گرفته شده است.

فرانسوا کنه (Francois Quesndy)، لیتره (Littre)، ارلی (Early)، دیویس (Davis)، فابریکانت (Fabricant)، کندریک و کرایمر (Kendrick & Creimer)، سیگل (Siegel)، آفتالیون (Aftalion)، فرنچ و ساورد (French & Saward)، ایسترفیلد (Eeasterfield)، ماندل (Mundel)، استوارت (Stewart)، شکری، سازمان همکاری اقتصادی اروپایی (Organization for European Economic Cooperation) (O.E.C.D)، سازمان بین‌المللی کار (I.L.O)، (International La Bour Organization)، آژانس بهره‌وری اروپا (E.P.A) (European Productivity Agency)، سازمان بهره‌وری آسیا (A.P.O) (Asia Productivity Organization)، مرکز بهره‌وری ژاپن (J.P.C) (Japan Productivity Center)، و سازمان بهره‌وری ملی ایران تعاریف نسبتاً مشابهی از واژه بهره‌وری ارائه کرده‌اند. اساس و محور اصلی این تعاریف عبارت است از تعیین نسبت آنچه برای تولید کالا و خدمات به کار رفته به آنچه از فرایند تولید به دست آمده است.

سومانث (Sumanth)، بهره‌وری کل (Total Productivity) را نسبت بین ستانده‌های محسوس (Tangible Output) به نهاده‌های محسوس (Tangible Input) تعریف می‌کند [۴]. وی همچنین برای بهره‌وری جزئی (Partial Productivity)، بهره‌وری عامل کل (Total Factor Productivity) و بهره‌وری فراگیر (Comprehensive Total Productivity) نیز تعاریفی ارائه کرده است [۵]. این مقاله براساس تعریف سومانث از بهره‌وری و نهاده‌ها و ستانده‌های محسوس هر سیستم تولیدی تنظیم شده است.

جستجو می‌شود. بهبود بهره‌وری وظیفه اصلی مدیران بوده، آنان باید بیش‌ترین نقش را در این خصوص ایفا کنند؛ چنان‌که پیتر دراگر (Peter Druker) در زمینه نقش مدیران در خصوص بهبود بهره‌وری تأکید داشته و معتقد است بهره‌ور ساختن منابع در اختیار سازمان به‌عنوان یک مدیر، یک وظیفه متمایز از سایر وظایف مدیران شامل کارآفرینی و اداره امور مؤسسه است [۱]. همچنین شتی (Shetty) می‌گوید بهبود بهره‌وری مسئولیت و وظیفه اصلی مدیران است [۲].

مفهوم بهره‌وری که امروزه بیش از یک قرن از طرح آن به‌صورت جدی می‌گذرد به‌دلیل کاربردهای روزافزون آن در تمامی شئون زندگی بشر در حال رشد و گسترش است. در این میان، اندازه‌گیری بهره‌وری (Productivity Measurement) که جزء ارکان اصلی چرخه بهره‌وری (Productivity Cycle) است روز به روز جایگاه ویژه‌ای در سازمان‌ها به خود اختصاص می‌دهد؛ زیرا بدون اندازه‌گیری نمی‌توان قضاوت درستی در خصوص عملکرد سازمان داشت و عملاً امکان کنترل سازمان‌ها میسر نخواهد شد.

علی‌رغم اهمیت بهره‌وری، متأسفانه اغلب مدیران سازمان‌ها در بخش‌های مختلف از دانش کافی در خصوص مفاهیم بهره‌وری و روش‌های اندازه‌گیری آن برخوردار نیستند. همان‌گونه که سینک (Sink) اعتقاد دارد با این‌که بهره‌وری بیش‌ترین مباحث محافل مدیریتی عصر حاضر را به خود اختصاص داده، متأسفانه کم‌تر از هر موضوع دیگر به معنای واقعی آن پی برده شده است [۳].

در این مقاله پس از ارائه مفاهیم کلی در خصوص بهره‌وری، مدلی جامع براساس نهاده‌ها و ستانده‌های محسوس در قالب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis (DEA)) با دخالت عامل زمان و به‌منظور ارزیابی عملکرد واحدهای مختلف تولیدی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر و نیز رتبه‌بندی کامل واحدهای مورد مقایسه ارائه می‌گردد. امید است که این روش ارزیابی به مدیران سازمان‌ها و شرکت‌های

(د) روش نسبت‌های مالی (Financial Ratio Approach) و بودجه‌بندی سرمایه‌ای (Capital Budgeting Approach): این روش مورد استفاده مدیران و حسابداران است. انواع نسبت‌های مالی، مدل‌های گلد (Gold) و آگواردال (Aggarwal)، (Quick Q.P.A)، (Productivity Appraisal Approach) و ارزش افزوده (Value Added)، روش لاولر (Lawler) و روش مائو (Mao) در این طبقه جای می‌گیرند.

(ه) روش هزینه واحد (Unit Cost Approach): روش مزبور بیش‌تر مورد توجه حسابداران و مدیران است. تحلیل هزینه واحد بر مبنای قسمت، سالن تولید، بخش، و محصول براساس این روش صورت می‌گیرد. تحقیقات آدام (Adam) براساس مدل QPR (Quality Productivity Ratio) برای بیان تغییرات کیفیت در یک سازمان با استفاده از این روش ارائه گردیده است. (و) مدل‌های ریاضی: به موازات تلاش اندیشمندان مدیریت، مهندسی و اقتصاد، دانشمندان تحقیق در عملیات نیز به طراحی مدل‌های کمی برای ارزیابی عملکرد پرداخته‌اند، که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) جزء مهم‌ترین آن‌ها هستند و می‌توان گفت ویژگی‌ها و قابلیت‌های سایر مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری در مدل‌های مزبور خلاصه و تکمیل می‌گردد.

۳) تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

تلاش برای تابعی کردن رابطه بین نهاده‌ها و ستانده‌ها و تعیین حداکثر ستانده قابل حصول از نهاده‌ها، منجر به طرح توابع تولید پارامتری در سیر مطالعات اقتصادی گردید. توابعی مانند کاب - داگلاس، لیون تیف، کششی ثابت و ... در نظریه‌های اقتصاد خرد با این انگیزه ایجاد شده‌اند. پیش فرض تابعی در عمل به دلیل پیچیدگی تبدیل نهاده‌های متفاوت به ستانده‌های نامتجانس و مختلف بخصوص با پیچیدگی نقش عوامل جدید در سازمان‌های کنونی غیرعملی به نظر می‌رسد. بر همین اساس، فارل (Farrell)

مدل‌های اندازه‌گیری بهره‌وری با توجه به اهداف و سیاست‌های مختلفی که در سطح سازمان‌ها مطرح‌اند، بسیار متنوع هستند. طی سه دهه اخیر، مدل‌ها و روش‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری بهره‌وری ارائه گردیده است؛ به طوری که از سال ۱۹۶۵ که اولین مدل‌های محاسبه بهره‌وری توسط کندریک - کریمر (Kendrick-Creamer Model) مطرح شد تاکنون مدل‌های مختلفی برای همین منظور توسط افراد و یا سازمان‌های مختلف در کشورهای جهان ارائه شده است.

دیدگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری بهره‌وری در سطح سازمان از نظر اقتصاددانان، مهندسان، مدیران، حسابداران و ریاضی‌دانان قابل طرح و بررسی است. که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

(الف) روش شاخص‌ها (Index Approach) و نسبت‌ها: روش مزبور بیش‌تر مورد نظر اقتصاددانان و مهندسان است. مدل‌های کندریک - کریمر، کریگ - هریس (Craig-Harris Model)، هاینس (Hines's Model)، مرکز بهره‌وری امریکا (APQC) (American Productivity Quality Center Model)، و سومانت از جمله مدل‌های ارائه شده در این روش است.

(ب) مدل‌های توابع تولید (Production Function Approach): مدل‌های توابع تولید مورد استفاده اقتصاددانان بوده، مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: مدل کاب - داگلاس (Cobb-Dorglass)، توابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) (Constant Elasticity Of Substitution)، توابع تولید ترانسندنتال (Transcendental)، اسپیلمن (Spillman)، لئون تیف (Lion Teaf)، ترانس لاک (Translog) و ... کلیه توابع مزبور مبتنی بر مشاهدات تجربی بوده، با پیش فرض اولیه در خصوص عناصر محیطی شروع می‌شوند.

(ج) رویکرد مطلوبیت (Utility Approach): روش فوق مورد توجه مهندسان بوده، مطالعات استوارت (Stewart)، هرشا و راج (Hershauer & Ruch) در این زمینه حائز اهمیت است.

تحلیل پوششی داده‌ها در حقیقت یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای اندازه‌گیری واحدهای تصمیم‌گیرنده براساس مجموعه‌ای از مشاهدات است که بدین وسیله اقدام به تخمین تجربه مرز کارایی می‌کند. این روش، یک تابع مرزی را به دست می‌دهد که در آن، تمام داده‌ها تحت پوشش قرار می‌گیرند و به همین دلیل آن را «تحلیل پوششی» یا «تحلیل فراگیر» می‌نامند. از آن‌جا که روش مزبور مبتنی بر مجموعه‌ای از مسائل بهینه‌سازی است و هیچ‌گونه پارامتری جهت تحلیل وجود ندارد، جزء روش‌های غیرپارامتریک محسوب می‌شود [۱۰].

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی خطی است که با استفاده از اطلاعات سازمان‌ها و واحدهای تولیدی به‌عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده، اقدام به ساخت مرز کارایی می‌کند. مرز فوق براساس اطلاعات در قالب نهاده‌ها و ستانده‌ها و براساس نتایج برنامه‌ریزی خطی متوالی ساخته می‌شود و در واقع، درجه عدم کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده به میزان فاصله واحد مزبور تا مرز کارایی است [۱۱]. مرز کارایی در شکل ۳ نشان داده شده است. اندازه‌گیری کارایی در واحدهای تصمیم‌گیرنده (به‌طور عمیق با فاصله از مرز کارایی جستجو شده و تحلیل پوشش داده‌ها) تلاش می‌کند بر این اساس معیار و الگویی برای اندازه کارایی در واحدهای تصمیم‌گیرنده معرفی کند [۱۱].

اندازه‌گیری بهره‌وری را می‌توان قالب کارایی تکنیکی و اثربخشی تعریف کرد. منظور از کارایی تکنیکی، سیر عملیات اجرایی سازمان در تبدیل نهاده‌ها به ستانده‌ها است و اثربخشی در واقع در حوزه راهبردی نشان‌دهنده درجه تحقق اهداف سازمان بر مبنای ستانده‌ها است [۱۲]. در تحلیل پوششی داده‌ها، اندازه‌گیری بهره‌وری بیش‌تر متوجه جنبه کارایی تکنیکی است. کارایی به‌صورت حاصل تقسیم ترکیب وزنی ستانده‌ها به ترکیب وزنی نهاده‌ها تعریف می‌شود. وزن‌ها در ترکیب فوق در واقع همان ارزش تولید شده یا هزینه مصرف شده‌اند. در عمل، تعیین وزن‌ها

نخستین بار در سال ۱۹۵۷ با ارائه روش مرزی به‌نام مرز کارایی فارل (Farrell Efficiency Frontier)، مرز غیرپارامتری کارایی را تعریف کرد. او با استفاده از روابط ریاضی، ملاک دورافتادگی واحد تصمیم‌گیرنده (Decision Making Unit (DMU)) از مرز فوق را به‌عنوان کارایی آن واحد اندازه‌گیری کرد [۶]. فارل با بیان ایده ساختاری مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری بهره‌وری به‌صورت افزایش در ستانده‌ها و در نتیجه افزایش کارایی بدون جذب نهاده بیش‌تر، در حقیقت زیربنای شاخه‌های بهینه‌سازی را در علوم ریاضی بنا نهاد که بعدها در سال ۱۹۷۸ توسط چارلز (Charnes)، کوپر (Cooper) و رودز (Rhodes) با معرفی مدل CCR (Cooper, Charnes, Rhodes) براساس مدل‌های ریاضی توسعه یافته به‌عنوان تحلیل پوششی داده‌ها معروف شد [۷]. شش سال پس از ارائه مدل CCR، دومین مدل از این نوع توسط بنکر (Banker)، چارلز و کوپر به‌نام BCC (BanKer, Charnes, Cooper) موجودیت یافت [۸] که براساس بازده به مقیاس (Returns-To-Scale) متغیر طراحی شده بود. گرچه تعداد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها روز به روز در حال گسترش است، اما پایه و مبنای همه آن‌ها چند مدل اصلی به نام‌های CCR-BCC و BCC-CCR و BCC است که توسط بنیانگذاران این شاخه از علوم طراحی شده‌اند [۹]. تا کنون مدل‌های متعددی از سوی اندیشمندان این حوزه از دانش بشری ارائه گردیده و وجود بالغ بر ۵۰۰ مدل ریاضی و گزارش کاربردی فراوان در این زمینه حاکی از رشد و گسترش این شیوه اندازه‌گیری بهره‌وری محسوب می‌شود. برای دریافت اطلاعات بیش‌تر در این خصوص می‌توان به سایت اینترنتی DEA (Web Site: WWW.Warwick.AC.VK/~bstlu/) که به‌وسیله آقای دکتر امروزنژاد در دانشگاه واریک انگلستان طراحی شده مراجعه کرد. همچنین در ایران در مؤسسه بین‌المللی تحقیق در عملیات بهین کارا می‌توان مقالات و گزارش‌های کاربردی خوبی در این باره یافت.

در این حالت در واقع دو نوع زمان مطرح است. زمان اول به صورت ماه یا هفته به عنوان DMU₁ تلقی می‌گردد و با گذشت زمان و اتمام یک دوره مورد مطالعه، یک واحد تصمیم‌گیرنده جدید با شروع زمان جدید به حوزه داده‌ها الحاق می‌شود و بسته به این که عملکرد دوره جدید چگونه باشد مرز کارایی بدون تغییر می‌ماند و یا دچار تغییر می‌شود. زمان دوم در واقع متشکل از تعدادی DMU₁ است که مقایسه آن‌ها با روش AP امکان مقایسه واحدهای غیرمشابه را فراهم می‌آورد. در این زمان که باید به مراتب طولانی‌تر از زمان اول باشد، امکان بروز رفتار واقعی سازمان به سازمان داده می‌شود و با فراهم‌سازی زمینه تبدیل نهاده‌ها به ستانده‌ها، خط سیر عملکردی واحد مورد بررسی ترسیم می‌گردد.

بر همین اساس، تلاش نویسندگان بر این است تا با ارائه مدلی برای ارزیابی عملکرد، امکان مقایسه واحدهای غیرمشابه را فراهم سازند، به طوری که از انتقاداتی مانند غیرقابل اجرا بودن، ذهنی بودن، یا غیردقیق بودن تا حد زیاد به دور باشند و با قطعیت ریاضی در قالب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بتوانند عملکرد واقعی را اندازه‌گیری کنند. در مدل ارائه شده، همان‌گونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، کلیه عوامل محسوس در قالب نهاده‌ها و ستانده‌ها محسوس در نظر گرفته شده‌اند.

۱-۴) عناصر تشکیل‌دهنده مدل

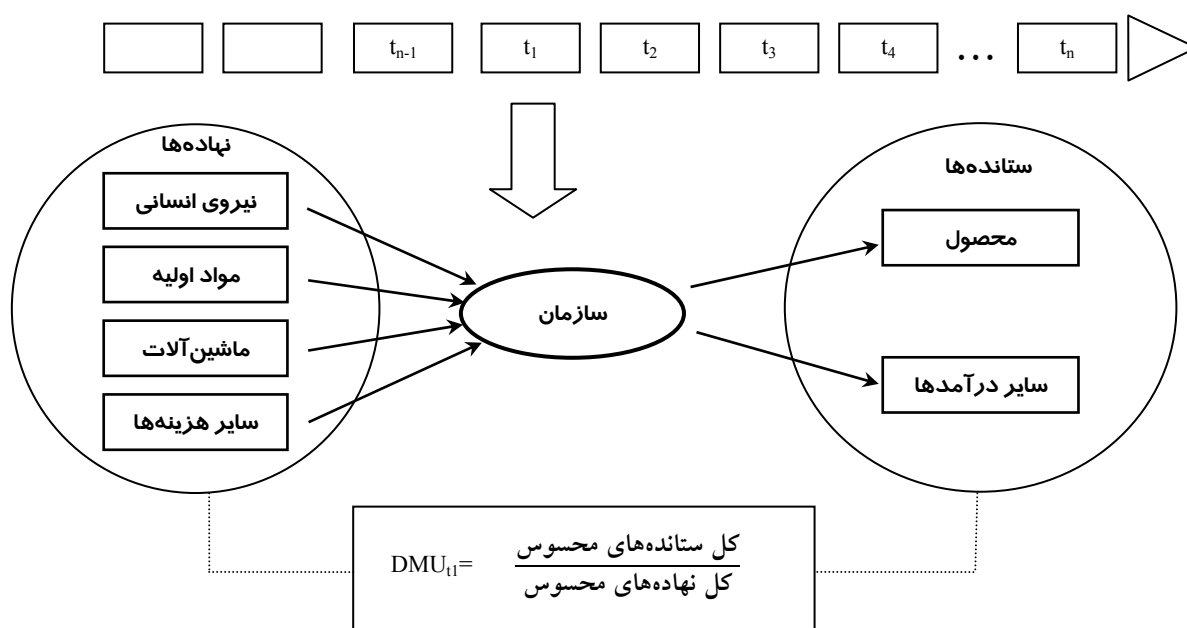
— نیروی انسانی: شامل کارکنان یک سازمان از رئیس کل تا کارکنان پایین‌ترین رده سازمان [۱۵]
 — مواد اولیه: بخشی از موجودی انبار که برای مصرف در عملیات شرکت خریداری شده است. این اقلام ممکن است شامل مواد فله، قطعات مونتاژ و کالای ساخته شده باشد [۱۵].
 — ماشین‌آلات و تجهیزات، یعنی کلیه دستگاه‌هایی که برای تنظیم نیرو و یا حرکت مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۵].

به‌منظور محاسبه ارزش قابل قبول، پیچیده و گاه غیرممکن است. بر همین اساس، تحلیل پوششی داده‌ها در قالب مفهوم کارایی تکنیکی می‌تواند برای تعیین کارایی، مشکل تعیین وزن‌ها را بر طرف سازد [۱۳].

تحلیل پوششی داده‌ها دارای قابلیت‌ها و کاربردهای فراوانی است که از آن جمله می‌توان به ارزیابی توأم مجموعه عوامل، ارزیابی واقع بینانه، خاصیت جبرانی بودن، عدم نیاز به اوزان از قبل تعیین شده، رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده، ارائه واحدهای الگو، تخصیص بهینه منابع، و تحلیل حساسیت نهاده‌ها و ستانده‌ها اشاره کرد. همچنین در سطح کلان، مدل‌های DEA قادر به اندازه‌گیری رشد اقتصادی کشورها نیز هستند. اندازه‌گیری وضعیت اقتصادی، تغییرات بهره‌وری در سطح کلان، تغییر استانداردهای زندگی و ... از جمله مسائلی محسوب می‌شوند که امروزه به‌وسیله مدل‌های فوق قابل اندازه‌گیری‌اند [۱۴].

۴) اندازه‌گیری بهره‌وری واحدهای غیرمشابه در قالب مدل پیشنهادی

مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، ابزار مناسبی برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده مشابهند. یکی از محدودیت‌های مدل‌های مزبور، عدم توفیق لازم در اندازه‌گیری بهره‌وری واحدهای غیرمشابهی است که دارای نهاده‌ها و ستانده‌های مختلف هستند. ساختار تنوریک دیدگاه ارزیابی عملکرد براساس دخالت عامل زمان در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، در حقیقت، بر عملکرد واحد تصمیم‌گیرنده در دوره‌های زمانی متفاوت استوار است. بدین ترتیب، واحد تصمیم‌گیرنده در موقعیت خودسنجی قرار گرفته، عملکرد هر دوره آن به صورت یک واحد تصمیم‌گیرنده برای ساختن مرز کارایی تلقی می‌گردد. از سویی با تخصیص زمان بیشتر از مدت زمانی که به‌عنوان DMU قرار گرفته، به‌عنوان مثال یک سال به کلیه سازمان‌های غیرمشابه، عملاً این امکان فراهم می‌شود که سازمان‌ها بتوانند رفتار خود را آن طور که هستند نشان دهند.



شکل ۱- نهاده‌ها و ستاندهای محسوس

تحقیق برکت و همکاران در این پژوهش استفاده از عامل زمان به‌عنوان مقاطع سال‌های یاد شده برای محاسبه تراکم در صنایع ذکر شده بود، در حالی که در این تحقیق DMU_t به‌عنوان واحد تصمیم‌گیرنده برای سنجش عملکرد، کارایی و ابزاری برای مقایسه واحدهای غیرمشابه و ناهمگون مورد استفاده قرار گرفته است.

در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، تعیین اوزان بهینه برای نهاده‌ها و ستاندهای محسوس به‌وسیله مدل‌های ریاضی که از اساسی‌ترین ویژگی‌های مدل‌های DEA است صورت می‌گیرد. بدین ترتیب با متغیرسازی اوزان با هدف بیشینه‌سازی نسبت کارایی در فضای متشکل از n واحد تصمیم‌گیرنده محاسبه می‌گردد.

هر یک از n واحد تصمیم‌گیرنده تحت مطالعه بر حسب زمان $t=1,2,\dots,n$ ، DMU_t ، m نهاد را برای تولید s ستانده به کار می‌گیرند که X_{ij} ، $i=1,2,\dots,m$ و Y_{ij} ، $r=1,2,\dots,s$ به ترتیب نهاد و ستانده واحد تصمیم‌گیرنده t ام (DMU_t) هستند. اگر وزن V_i ، $i=1,2,\dots,n$ و وزن U_r ، $r=1,2,\dots,s$ را به ترتیب برای نهاد i ام و ستانده r ام در نظر بگیریم ماتریس نهاد و ستانده‌ها به شرح زیر است:

— سایر هزینه‌ها و به تعبیری کلیه هزینه‌هایی که صرف آن‌ها در فرایند تولیدی ضروری است و در بخش‌های قبلی جا نمی‌گیرند، مثل هزینه آب، برق، سوخت، رستوران و ...

— محصول یا محصول تولید، بازده، و کالاهایی که مؤسسه آن را برای فروش عرضه می‌کند [۱۵].

— سایر درآمدها، یعنی کلیه درآمدهای غیرعملیاتی که در روند فعالیت مؤسسه تعریف نشده است، مثل سود اوراق قرضه و یا درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری در سایر شرکت‌ها، فروش ضایعات و ...

نتایج به دست آمده از اجرای مدل عبارتند از:

— تعیین زمان‌های کارا

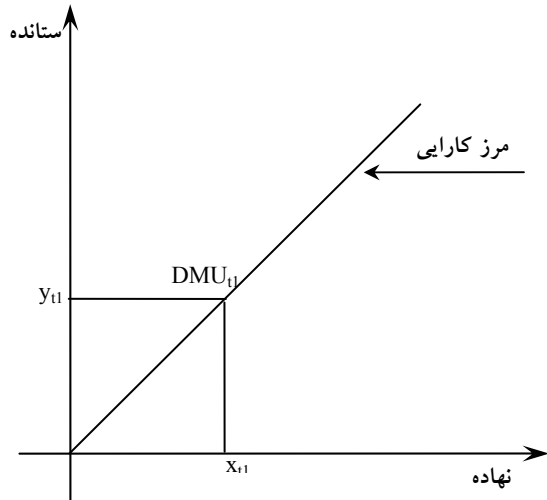
— مشخص شدن زمان‌های ناکارا

— رتبه‌بندی کامل براساس مدل A&P

— امکان مقایسه ارزیابی عملکرد واحدهای غیرمشابه

براکت، کوپر، چال شاین و وانگ با ارائه مقایسه ناکارایی و تراکم در صنایع چین، قبل و بعد از اصلاحات اقتصادی سال ۱۹۷۸، با دخالت دادن عامل زمان در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها اقدام به سنجش تراکم نیروی انسانی در صنایع شیمیایی و ذوب آهن کشور چین در دوره‌های ۱۹۶۶-۱۹۸۸ کردند [۱۶].

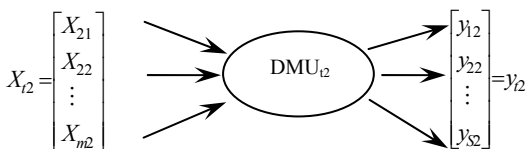
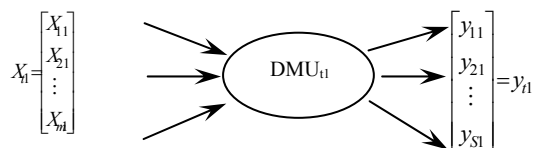
در صورتی که در این وضعیت یک نهاد و یک ستانده وجود داشته باشد، وضعیت واحد تصمیم گیرنده همانند شکل ۳ خواهد بود.



شکل ۳: مرز کارایی در دوره DMU_{t1} با فرض یک نهاد و یک ستانده

اکنون دوره اول به طول زمانی t_1 سپری شده و واحد زمانی جدیدی به نام t_2 شروع شده است و فرایند سازمانی مشغول صرف x_{t2} نهاد برای تولید y_{t2} ستانده است.

اکنون با الحاق DMU_{t2} به مجموعه واحدهای تصمیم گیرنده، دو واحد تصمیم گیرنده خواهیم داشت که عبارتند از DMU_{t1} و DMU_{t2} :



شکل ۴: واحد تصمیم گیرنده در دوره t_2

در دوره t_2 خواهیم داشت:

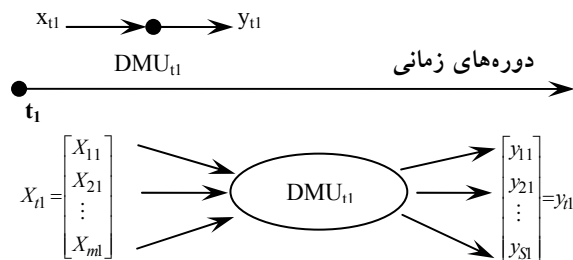
$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \theta - \varepsilon(1s^- + 1s^+) \\ \text{s.t.} \quad & x_{t1}\lambda_1 + x_{t2}\lambda_2 + s^- = \theta x_{t1} \\ & y_{t1}\lambda_1 + y_{t2}\lambda_2 - s^+ = y_{t1} \\ & \lambda_1, \lambda_2 \geq 0 \\ & s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

$$Y_t = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ Y_{s1} & Y_{s2} & \dots & Y_{sn} \end{bmatrix} \quad X_t = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}$$

$$DMU_t = \frac{U_1 Y_{t1} + U_2 Y_{t2} + \dots + U_s Y_{ts}}{V_1 Y_{t1} + V_2 Y_{t2} + \dots + V_m X_{tm}}$$

در مدل ارائه شده در این مقاله از آنجا که با یک واحد تصمیم گیرنده سروکار داریم که ارزیابی آن در دوره‌های زمانی عمرش انجام می‌شود، اطلاعات مربوط به این ارزیابی در حقیقت نهاده‌ها و ستانده‌های واحد فوق در دوره‌های زمانی مختلف است. در واقع، هر واحد تصمیم گیرنده در هر دوره زمانی به‌عنوان یک واحد تصمیم گیرنده متفاوت با دوره‌های زمانی قبلی مورد بررسی قرار گرفته و عملکرد یک DMU در دوره مورد نظر با عملکردش در دوره‌های قبلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

اگر دوره شروع ارزیابی را t_1 بدانیم، در دوره مزبور تنها یک DMU وجود دارد که t_1 است و نهاده‌هایی را برای تولید ستانده‌های به کار می‌گیرد.



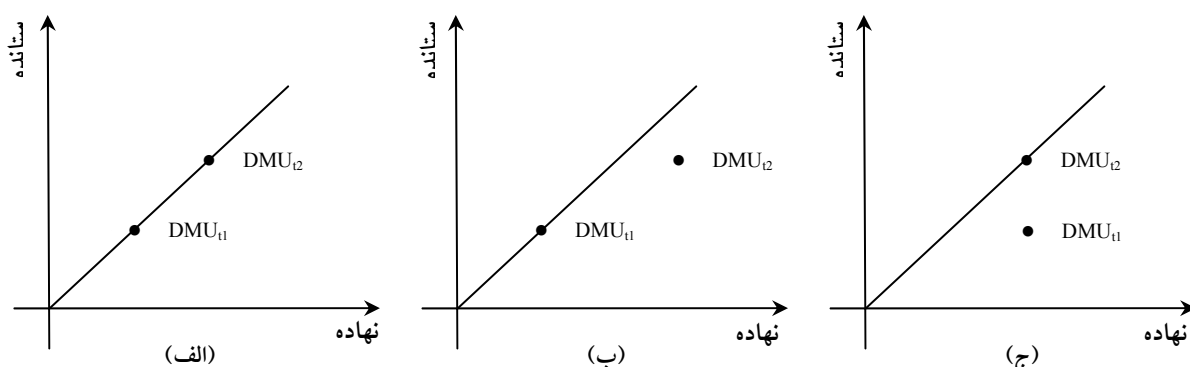
شکل ۵: واحد تصمیم گیرنده در زمان t_1

با اعمال مدل CCR که جزء اصلی‌ترین مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها است در دوره t_1 خواهیم داشت:

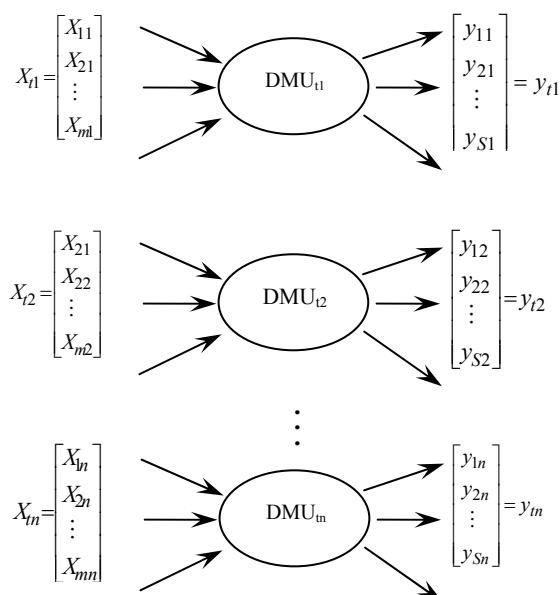
مدل CCR

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \theta_{t1} - \varepsilon(1s^- + 1s^+) \\ \text{s.t.} \quad & x_{t1}\lambda_1 + s^- = \theta x_{t1} \\ & y_{t1}\lambda_1 - s^+ = y_{t1} \\ & \lambda_1 \geq 0 \quad s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

از آنجا که تنها یک DMU وجود دارد، لذا تحت مدل CCR واحد تصمیم گیرنده فوق کارا بوده، $\theta_{t1}^* = 1$ ، $s^{*-}, s^{*+} = 0$ است.



شکل ۵: مقایسه کارایی در دوره زمانی DMU₁₂



شکل ۶: واحد تصمیم‌گیرنده در دوره t_n

مدل بهره‌وری پویا در قالب مدل CCR به صورت کلی عبارت است از:

$$\text{Min} \quad \theta_t - \varepsilon(1s^+ + 1s^-)$$

s.t :

$$\sum_{t=1}^n \lambda_t x_t + s^- = \theta x_t$$

$$\sum_{t=1}^n \lambda_t y_t - s^+ = y_t$$

$$\lambda_t \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, n$$

$$s^+, s^- \geq 0$$

در صورتی که یک نهاد و یک ستانده وجود داشته باشد، حالات مختلف کارایی همانند شکل ۵ است.

در حالت «الف» نتیجه اجرای مدل پویا نشان می‌دهد که واحد تصمیم‌گیرنده در هر دو دوره ارزیابی کارایی تکنیکی است. در حالت «ب» واحد تصمیم‌گیرنده در دوره دوم (DMU₁₂) از عملکرد مناسبی نسبت به DMU₁₁ برخوردار نیست و واحد تصمیم‌گیرنده دوره اول کارا بوده، مرز همچنان براساس آن شکل می‌گیرد. در حالت «ج» مرز کارایی براساس DMU₁₂ شکل گرفته و این نشان می‌دهد که واحد مزبور توانسته است در دوره دوم بهتر از دوره اول عمل کند.

در حالت کلی در صورتی که فرض کنیم در دوره t_n هستیم، تعداد DMU های تحت ارزیابی مشتمل بر n واحد تصمیم‌گیرنده خواهد بود که n-1 واحد تصمیم‌گیرنده، وضعیت نهاده‌ای - ستانده‌ای را در دوره‌های t_n تا t_{n-1} مشخص کرده، الگوی ارزیابی در دوره t_n به صورت شکل ۶ خواهد بود.

با اعمال CCR برای واحد تصمیم‌گیرنده در دوره t_n خواهیم داشت:

$$\text{Min} \quad \theta_{tn} - \varepsilon(1s^- + 1s^+)$$

s.t :

$$x_{t1}\lambda_{t1} + x_{t2}\lambda_{t2} + \dots + x_{tn}\lambda_{tn} + s^- = \theta x_{tn}$$

$$y_{t1}\lambda_{t1} + y_{t2}\lambda_{t2} + \dots + y_{tn}\lambda_{tn} - s^+ = y_{tn}$$

$$\lambda_{t1}, \lambda_{t2}, \dots, \lambda_{tn} \geq 0$$

$$s^+, s^- \geq 0$$

در میزان کارایی واحدهای ناکارا به دلیل عدم شرکتشان در ساخت پوشش نمی‌دهد، ولی با حذف واحد کارا، مرز کارایی را تغییر داده، میزان تأثیر آن را شاخصی برای میزان کارایی قرار می‌دهد و عدد اختصاص یافته به واحدهای رتبه‌بندی کامل بزرگ‌تر یا مساوی یک است. مدل ریاضی ایده مزبور به صورت زیر توسط اندرسون و پیترسون بیان شده است [۱۷]:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \theta - \varepsilon(1s^+ + 1s^-) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j + s^- = \theta x_o \quad j \neq 0 \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j + s^+ = y_o \quad j \neq 0 \\ & \lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n \\ & s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

چگونگی مقایسه واحدهای غیرمشابه به وسیله مدل‌های CCR و AP در شکل ۷ نشان داده شده است.

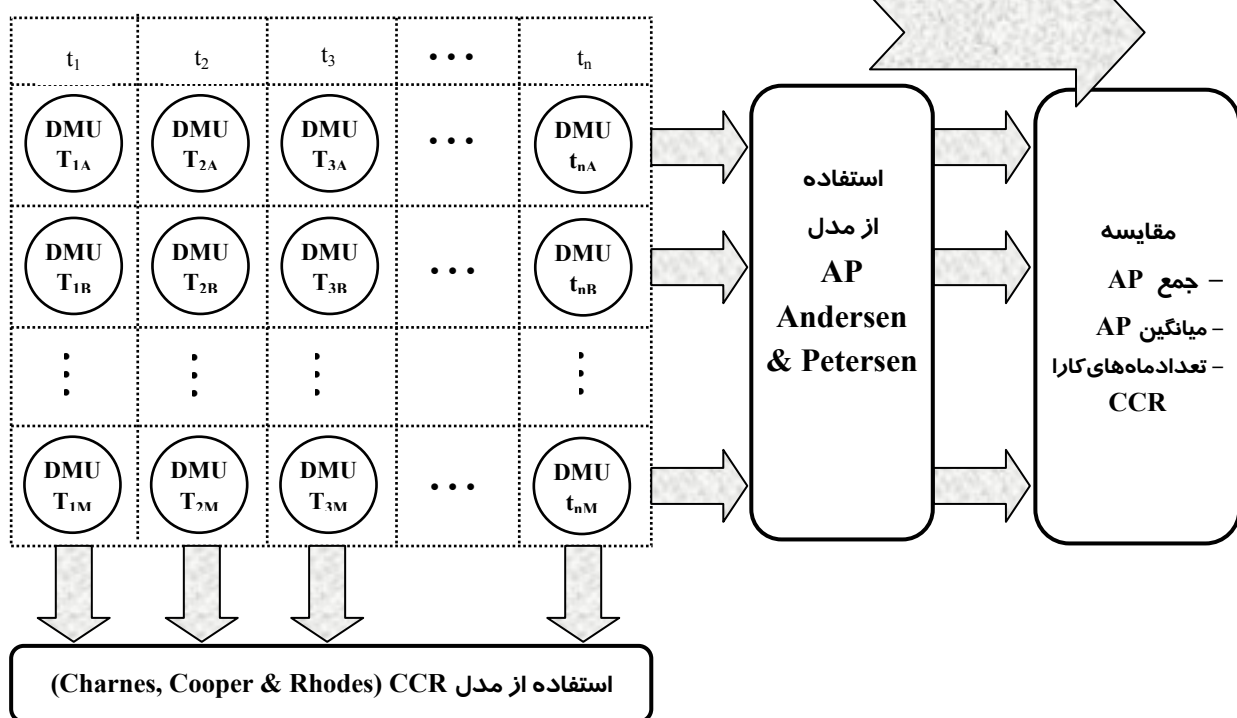
بدیهی است برای حل مدل‌های مزبور، استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزارهایی که به همین منظور طراحی شده‌اند، اجتناب‌ناپذیر است.

۲-۴ مدل اندرسون و پیترسون

(Anderson & Peterson)

مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل عدم ایجاد رتبه‌بندی کامل بین واحدهای کارا، امکان مقایسه واحدهای مزبور را با یکدیگر به راحتی فراهم نمی‌آورند؛ زیرا در مدل‌های مزبور به تمام واحدهای تصمیم‌گیرنده کارا، میزان کارایی یک اختصاص می‌یابد. تلاش‌های تحقیقاتی اندرسون و پیترسون (AP) در سال ۱۹۹۳ را می‌توان نخستین رهیافت‌ها و تلاش‌های قابل قبول به منظور حل مشکل در این زمینه دانست. آنان با حذف واحد تصمیم‌گیرنده تحت بررسی در ساخت واحد مجازی (Virtual Unit) توانستند به رتبه‌بندی کامل دست یابند. در واقع، مدل آنان تغییری

مدل مقایسه واحدهای غیرمشابه به وسیله زمان با استفاده از DEA



شکل ۷: مقایسه واحدهای غیرمشابه

۵ کاربرد مدل

همان‌گونه که توضیح داده شد هدف از طراحی مدل پویای بهره‌وری در این پژوهش، اندازه‌گیری عملکرد سازمان در طول عمر آن و نیز مقایسه واحدهای غیرمشابه است. به همین منظور برای آزمون مدل، شرکت کارخانجات چینی ایران (کاشی ایرانا) که با تولید بیش از ده میلیون مترمربع انواع کاشی دیواری (تونلی و سریع) و کاشی کف و بالغ بر ۱۷۰۰ نفر کارمند و کارگر، بزرگ‌ترین تولیدکننده کاشی در کشور محسوب می‌شود، انتخاب گردیده است. زیر مجموعه شرکت مزبور در بخش تولید شامل ۶ کارخانه است که هر یک به طور مستقل محصولاتی را به شرح مندرج در جدول ۱ تولید می‌کنند.

جدول ۱: نوع تولیدات کارخانجات مورد مطالعه

شماره کارخانه	نام کارخانه	نوع تولیدات
کارخانه شماره یک	چینی یک	کاشی دیواری سایز کوچک
کارخانه شماره دو	چینی دو	کاشی دیواری سایز کوچک
کارخانه شماره سه	چینی سه	کاشی دیواری سایز متوسط
کارخانه شماره چهار	چینی چهار	کاشی کف
کارخانه شماره پنج	چینی پنج	کاشی دیواری سایز بزرگ
کارخانه شماره شش	فریت‌سازی	لعاب

۱-۵ جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات تحقیق براساس نهاده‌ها و ستانده‌ها به دو صورت زیر جمع‌آوری شده است:

۱. جمع‌آوری داده‌ها به صورت ریالی با استفاده از اطلاعات حسابداری،
۲. جمع‌آوری داده‌ها به صورت ترکیبی (ریال و سایر واحدها).

جمع‌آوری داده‌ها از طریق هر یک از روش‌های فوق که در سازمان‌ها سریع‌تر و دقیق‌تر میسر باشد، امکان‌پذیر است. با توجه به این‌که معمولاً اطلاعات ریالی در سازمان‌ها در فرایند حسابداری در دفاتر مالی دیر ثبت می‌شوند، می‌توان از روش‌های ابتکاری منطقی استفاده کرد بر همین اساس در این پژوهش کلیه

محصولات در قالب مترمربع همگن شده‌اند. با استفاده از روش AHP (Analytical Hierarchy Process) و براساس فاکتورهایی مثل کیفیت، میزان سرمایه‌گذاری، مصرف انرژی، و میزان تولید، توان تولیدی کارخانجات مشخص شده و از طریق یک روش با در نظر گرفتن عواملی مانند تعداد کارکنان، میزان تجربه و تحصیلات آن‌ها، میزان ساعات اضافه‌کاری و ... کلیه کارکنان در قالب کارگر شاخص همگن شده و وارد سیستم ارزیابی گردیده‌اند. سایر هزینه‌ها، سایر درآمدها و مواد اولیه که معمولاً ماهیت ریالی دارند براساس واحد ریال در نظر گرفته شده است.

نوع عناصر هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌های کارخانجات تولیدکننده کاشی به صورت جدول ۲ است.

۲-۵ تحلیل داده‌ها

به منظور شناخت این‌که کدام یک از مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد برای واحد تصمیم‌گیرنده براساس زمان (DMU) مناسب‌تر است، اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت ماهیانه (از فروردین لغایت اسفند سال ۱۳۸۰) به صورت ریالی و ترکیبی در کلیه مدل‌های BCC-CCR و CCR-BCC و BCC و CCR آزمون گردیدند که نتایج حاصل بین صفر و یک بوده، عدد یک مبین کارایی و کم‌تر از آن فقدان کارایی لازم را نشان می‌دهد. با توجه به نظر خبرگان در صنعت سرامیک و به کارگیری روش AHP، براساس دو عامل واقع‌بینانه‌تر بودن و توان سنجش هر یک از مدل‌های فوق، مدل CCR برای تبیین کارایی و ناکارایی برای DMU زمانی با ضریب بالایی مناسب تشخیص داده شد.

در جدول ۳ عملکرد کارخانجات مختلف به روش CCR و BCC با یکدیگر مقایسه شده‌اند که البته به دلیل رعایت اختصار از مقایسه سایر مدل‌ها خودداری می‌گردد. همان‌گونه که در جدول مزبور مشخص است، CCR به مراتب بهتر از BCC ناکارایی را نمایان می‌سازد و این موضوع مورد تأیید خبرگان صنعت سرامیک نیز

جدول ۲: عناصر تشکیل دهنده نهاده‌ها و ستانده‌ها در صنعت کاشی و سرامیک

عوامل	ماهیت	شرح
مواد اولیه	نهاده	انواع خاک، کائولن، لعاب و رنگ
نیروی انسانی	نهاده	مدیران، رؤسا، کارشناسان، سرپرستان خط و سرشیفت‌ها
ماشین‌آلات	نهاده	انواع سیلوهای خاک، بالمیل، اتومایزر، پرس، کوره، تجهیزات رنگ‌سازی، تجهیزات لعاب، ماشین‌آلات سورت و بسته‌بندی
سایر هزینه‌ها	نهاده	آب، برق، سوخت، هزینه‌های مالی، رستوران، وسایل ایمنی، لباس کار، هدایا و ...
محصول	ستانده	کاشی کف و دیوار در ۱۵ اندازه از سایز ۱۵×۱۵ تا ۵۰×۵۰
سایر درآمدها	ستانده	سود حاصل از سرمایه‌گذاری در سایر شرکت‌ها، سود حاصل از سپرده‌های بانکی و اوراق مشارکت، فروش ضایعات

جدول ۳: مقایسه کارخانجات مختلف به وسیله مدل‌های BCC و CCR

DMU _t	شماره کارخانه											
	یک		دو		سه		چهار		پنج		شش	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
فروردین	۱	۱	۱	۱	۰/۹۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
اردیبهشت	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۷۱	۱	۱	۱	۱	۱
خرداد	۰/۹۴	۱	۰/۹۱	۱	۰/۸۵	۱	۰/۹۴	۱	۱	۱	۰/۹۲	۱
تیر	۰/۹۵	۱	۰/۹۳	۱	۰/۹۹	۱	۱	۱	۰/۹۸	۱	۱	۱
مرداد	۰/۷۹	۰/۹۹	۰/۸۳	۱	۰/۸۲	۱	۰/۶۰	۱	۰/۹۶	۱	۰/۸۷	۱
شهریور	۱	۱	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۹۹	۱	۱	۱	۱
مهر	۰/۹۹	۱	۰/۹۸	۱	۰/۹۹	۱	۰/۸۸	۰/۹۸	۱	۱	۰/۹۸	۱
آبان	۰/۹۸	۱	۰/۹۷	۱	۰/۹۹	۱	۰/۸۱	۰/۹۷	۰/۹۶	۱	۰/۹۲	۱
آذر	۱	۱	۱	۱	۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۹۷	۰/۹۵	۱	۰/۸۴	۱
دی	۱	۱	۰/۹۹	۱	۱	۱	۰/۷۱	۰/۹۶	۰/۹۶	۱	۰/۹۱	۱
بهمن	۰/۹۷	۱	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۴	۱	۰/۸۸	۱
اسفند	۰/۷۴	۱	۰/۹۳	۱	۱	۱	۰/۸۴	۱	۰/۹۴	۱	۰/۹۶	۱
میانگین	۰/۹۴۷	۰/۹۹۹	۰/۹۵۳	۰/۹۹۸	۰/۹۴۳	۰/۹۹۶	۰/۸۴۱	۰/۹۸۸	۰/۹۷۴	۱	۰/۹۴۰	۱
تعداد ماه‌های کارا	۵	۱۱	۳	۱۰	۳	۹	۲	۶	۵	۱۲	۴	۱۲

براساس مدل مزبور و مدل AP براساس شکل ۷ و اطلاعات جدول ۴ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. برای استفاده از مدل AP باید میانگین کارایی در طول سال را با یکدیگر مقایسه کرد. براساس این مقایسه، کارخانه شماره ۵ که دارای تکنولوژی نسبتاً مدرن است رتبه اول را به خود اختصاص داده و کارخانه شماره ۲ با تکنولوژی قدیمی، با اندک اختلافی در ردیف دوم قرار

قرار گرفته است. مدل BCC کارخانجات شماره ۵ و ۶ را برای تمامی ماه‌های سال «کارا» اندازه‌گیری کرده و سایر کارخانجات را نیز نزدیک کارایی تشخیص می‌دهد که این ارزیابی به هیچ وجه منطقی نبوده، منطبق با واقعیت نیست.

با توجه به این که مدل CCR برای ارزیابی DMU_t مناسب تشخیص داده شد، کارخانجات مختلف

کارخانه شماره ۴ همانند رتبه‌بندی براساس روش AP همچنان در آخرین رتبه قرار می‌گیرد. این موضوع در جدول ۵ دیده می‌شود.

در جدول ۶ رتبه‌بندی کارخانجات در هر ماه نشان داده شده است. این امر به مدیریت کمک می‌کند تا ضمن بررسی علت افت کارایی، اقدامات لازم را برای بهبود کارایی در ماه‌های آتی به عمل آورد. از سویی با ارزیابی عملکرد بین کارخانجات مختلف، رقابت بین آن‌ها برای اخذ رتبه اول افزایش خواهد یافت.

گرفته است. کارخانه شماره ۴ که دارای مدرن‌ترین تکنولوژی است، به دلیل عدم استفاده کامل از تجهیزات و ظرفیت خط در انتهای ارزیابی قرار دارد.

برای رتبه‌بندی در طول سال به‌وسیله مدل CCR می‌توان تعداد ماه‌های کار را برای هر یک از کارخانجات شمارش کرد، و کارخانجاتی را که دارای بیش‌ترین تعداد ماه‌های کار هستند، در درجه نخست قرار داد و بقیه را به ترتیب رتبه‌بندی کرد. بر همین اساس در صورت شمارش ماه‌های کار کارخانه‌های شماره ۵ و ۱ رتبه اول را به خود اختصاص می‌دهند و

جدول ۴: مقایسه کارخانجات مختلف به‌وسیله مدل‌های CCR و AP

DMU _i	شماره کارخانه											
	یک		دو		سه		چهار		پنج		شش	
	CCR	AP	CCR	AP	CCR	AP	CCR	AP	CCR	AP	CCR	AP
فروردین	۱	۱/۰۲۶	۱	۱/۱۷۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۱	۱/۱۵۷	۱	۱/۰۲۸	۱	۱/۰۳۷
اردیبهشت	۱	۱/۰۰۵	۱	۱/۱۰۷	۱	۱/۲۲۶	۰/۷۱	۰/۷۱	۱	۱/۰۲۷	۱	۱/۰۲۹
خرداد	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۹۴	۱	۱/۰۲۶	۰/۹۲	۰/۹۲
تیر	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	۱/۱۳۹	۰/۹۸	۰/۹۸	۱	۱/۰۰۳
مرداد	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۸۷
شهریور	۱	۱/۰۷	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۴	۱	۱/۰۴۲	۱	۱/۰۸۵
مهر	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۸۸	۰/۸۸	۱	۱/۰۵۹	۰/۹۸	۰/۹۸
آبان	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۹۲
آذر	۱	۱/۰۴۹	۱	۱/۰۵	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۸۴
دی	۱	۱/۰۴۰	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	۱/۰۱۵	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۹۱
بهمن	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۸
اسفند	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۹۳	۰/۹۳	۱	۱/۱۸۶	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۶
میانگین	—	۰/۹۶۲	—	۰/۹۸۰	—	۰/۹۷۸	—	۰/۸۶۵	—	۰/۹۸۹	—	۰/۹۵۳
تعداد ماه‌های کار	۵	—	۳	—	۳	—	۲	—	۵	—	۴	—

جدول ۵: رتبه‌بندی کارخانجات مختلف براساس مدل‌های CCR و AP

رتبه‌بندی	میانگین براساس مدل A&P	براساس شمارش تعداد ماه‌های کار مدل CCR
رتبه اول	کارخانه شماره ۵	کارخانه‌های شماره ۵ و ۱
رتبه دوم	کارخانه شماره ۲	کارخانه شماره ۶
رتبه سوم	کارخانه شماره ۳	کارخانه شماره ۲ و ۳
رتبه چهارم	کارخانه شماره ۱	کارخانه‌های شماره ۴
رتبه پنجم	کارخانه شماره ۶	—
رتبه ششم	کارخانه شماره ۴	—

جدول ۶: رتبه‌بندی کارخانجات مختلف در هر ماه براساس مدل AP

ماه رتبه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
رتبه اول	چینی ۲	چینی ۳	چینی ۵	چینی ۴	چینی ۵	فریت‌سازی	چینی ۵	چینی ۳	چینی ۲	چینی ۱	چینی ۱	چینی ۳
رتبه دوم	چینی ۴	چینی ۲	چینی ۴	فریت‌سازی	فریت‌سازی	چینی ۱	چینی ۳	چینی ۱	چینی ۱	چینی ۳	چینی ۲	فریت‌سازی
رتبه سوم	فریت‌سازی	فریت‌سازی	چینی ۱	چینی ۳	چینی ۲	چینی ۵	چینی ۱	چینی ۲	چینی ۵	چینی ۲	چینی ۵	چینی ۵
رتبه چهارم	چینی ۵	چینی ۵	فریت‌سازی	چینی ۵	چینی ۳	چینی ۳	فریت‌سازی	چینی ۵	چینی ۳	چینی ۵	چینی ۴	چینی ۲
رتبه پنجم	چینی ۱	چینی ۱	چینی ۲	چینی ۱	چینی ۱	چینی ۲	چینی ۲	فریت‌سازی	فریت‌سازی	فریت‌سازی	چینی ۳	چینی ۴
رتبه ششم	چینی ۳	چینی ۴	چینی ۳	چینی ۲	چینی ۴	چینی ۴	چینی ۴	چینی ۴	چینی ۴	چینی ۴	فریت‌سازی	چینی ۱

۶) نتیجه‌گیری

فقدان ابزاری مناسب برای ارزیابی عملکرد، از دلایل عدم توفیق مدیران علاقه‌مند به ارتقای سطح بهره‌وری سازمان تحت مدیریتشان است. در این مقاله از متدولوژی تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان ابزاری مناسب برای این منظور و در قالب مدلی به نام مدل پویای بهره‌وری استفاده شده است. با اجرای مدل فوق در زمینه اندازه‌گیری کارایی تکنیکی، نتایج به‌دست آمده حاکی از مناسب بودن مدل CCR نسبت به سایر مدل‌های پایه‌ای DEA برای ارزیابی عملکرد DMU_i است و عملاً مدل CCR از نظر توان ارزیابی و واقع‌بینانه بودن به مراتب مناسب‌تر از سایر مدل‌ها است. با استفاده از مدل‌های CCR و AP با ملحوظ داشتن عامل زمان به‌عنوان DMU می‌توان واحدهای غیرمشابه را به طریق ارائه شده در مقاله و با روشی خاص با یکدیگر مقایسه کرد. مقایسه مزبور به صورت کاربردی، زمینه ارزیابی عملکرد شرکت‌های مختلف را با یکدیگر فراهم آورده، امکان کنترل بهتر شرکت‌های زیر مجموعه شرکت‌های مادر و هلدینگ‌ها را فراهم می‌سازد و از سوی دیگر، ابزار خوبی برای تخصیص مدیران برای سازمان‌ها، توزیع منطقی پاداش و کارانه براساس عملکرد بین آن‌ها است. سنجش میزان تراکم (Congestion)، و توصیه برای توسعه و یا کاهش فعالیت شرکت‌ها از جمله اقداماتی است که در این خصوص به‌وسیله مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان برای سازمان صورت داد.

منابع

1. Drucker, P.F. (1980) "The Practice Of Management", Harper & Row, NewYork, p.14.
2. Shetty, V.K. (1992) "Management's Role in Declining Productivity", California Management Review, Vol.25, No.1, p.33.
3. Sink, D. Scot (1985) "Productivity Management", John Willy & Sons.
4. Sumanth, D.J. (1984) "Productivity Engineering and Management", Mc Graw-Hill Company.
5. Sumanth, D. J. (1997) "Total Productivity Management", Mc Graw-Hill Company, pp. 5
6. Farrell, M. (1957) "The Measurement Of Productive Efficiency" Journal Of The royal Statistical Society, Series A, Vol.120, pp. 253-281
7. Charnes, A. W.W. Cooper and E. Rhodes (1981) "Measuring The Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operation Research, No.2, pp.429-444.
8. Banker, R.D. Charnes, A., and Cooper, W.W. (1985) "Some Models for Estimation Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis" Management Science, 30, pp.1078-1092.
9. Seiford, L.M. (1994) "A Bibliography Of Data Envelopment Analysis", Technical Report, Department Of Industrial Engineering and Operation Research.
10. Charnes, A., W.W. Cooper, B. Golany, L.M. Seiford and J. Stutz (1984) "Foundation Of Data Envelopment Analysis For Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Function", Journal Of Econometrics, No.30, pp.91-107.
11. D.S prasada Rao, Christopher J. ODonnell, George E. Battese (2003) Metafrontier Functions for The study of Inter-regional productivity Differences, University of New England, pp.1-6.

۱۵. الوانی، مهدی، زاهدی، شمس‌السادات و فقیهی، ابوالحسن (۱۳۷۶) «فرهنگ جامع مدیریت» تهران، دانشگاه علامه طباطبائی.

16. Brockett, P.L., W.W. Cooper, H-C. Shine and R.D., Wang (1997) "Inefficiency and Congestion in Chinese Production before and After 1978 Economic Reforms", Soco-Economic Planning Sciences.

17. Andersen, P. and N.C. Petersen (1993) "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis", Management Science, Vol.39, pp.1262-1264.

12. Rouse, p. Puttarrillm, Ryano (1997) "Towards a General Managerial Frame Work For Performance Measurement", No 8, p. 135

۱۳. علیرضائی، محمدرضا؛ بهروز دانشیان، مجید ایرانمنش (۱۳۷۹) «ارزیابی عملکرد ادارات کل وزارت راه و ترابری به کمک تحلیل پوششی داده‌ها»، مجموعه مقالات دومین همایش بررسی عملکرد دستگاه‌های اجرایی کشور در جشنواره شهید رجائی.

14. H. Forstner, A. Isaksson (2002) Productivity, Technology, & Efficiency, UNIDO, p.6.