ارزیابی کارایی و روند رشد تغییرات بهره‌وری صنعت کاشی و سرامیک ایران

اصغر ابوالحسنی *

استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور (سازمان مرکزی)

صفر فرهنگ

دانشجوی دکتری اقتصاد و دستیار علمی دانشگاه پیام نور(استان اردبیل)

علی زارع شاهی

دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی از دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۷ **تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۲**

چکیده

صنعت کاشی و سرامیک، سهم بزرگی از صادرات غیر نفتی کشور را به خود اختصاص داده و به دلیل نقش مهمی که در ایجاد اشتغال ایفا نموده از صنایع تولیدی مهم ایران به شمار می‌رود. در سال‌های اخیر ضعف کارایی شرکت‌های تولیدی در زمینه کاشی و سرامیک، ضمن تحمیل هزینه‌های فراوان، به کاهش کیفیت تولیدات آنها منجر شده و در نهایت بحران مازاد عرضه و کاهش فروش را در پی داشته است.

در این مقاله، کارایی صنعت کاشی و سرامیک میبد در دو سال ۸۶ و ۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، یکی از فنون‌های مرزی ناپارامتریک به نام تحلیل پوششی داده‌ها به کار گرفته شد. نتایج ارزیابی نشان داد از بین ۱۰ شرکت مورد مطالعه، تنها ۴ شرکت کاشی سازی مریم، صدف، نارین و باستان در دو سال مورد مطالعه از کارایی تکنیکی و مقیاسی برخوردار بوده اند. بررسی روند تغییرات بهره‌وری با استفاده از شاخص مالم کوئیست نشان داد تنها شرکت کاشی باستان توانسته بهره‌وری خود را در سال ۸۷

---

* - (نویسنده مسئول): Abolhasani2003@yahoo.com

نسبت به سال قبل در سطح معینی حفظ کند و بقیه شرکت‌ها با یک روند کاهشی در بهره-وری مواجه بوده‌اند. تجزیه شاخص مالم کوئیست به دو شاخص تغییر کارایی تکنیکی و تغییر مرز تکنولوژی، نشان داد تمامی شرکت‌ها به غیر از شرکت باستان از یک پسرفت در مرز تکنولوژی برخوردار بوده اند. از این رو یک راهبرد بهینه برای این شرکت ها، تمرکز بر انتقال تکنولوژی‌های مدرن و نوآوری‌های تکنولوژیک است.

کلید واژه‌ها: تحلیل پوششی داده ها، کارایی، شاخص مالم کوئیست، صنعت کاشی و سرامیک.

The Efficiency Evaluation and Productivity Variation Growth Trend of Iranian Tile and Ceramic Industry

Asghar Abolhasani
Ph.d, Assistance Professor, Payam-e Noor University
Safar Farhang
Ph.D Student in Economics, Payam-e Noor University of Ardabil
Ali Zare Shahi
M.A in Industrial Management

Abstract

A great proportion of non-oil export in Iran is related to Tile and Ceramic Industry. So because of its main role in job creation, this industry is one of important industries in Iran.
In the recent years inefficiency in this industry caused an increase in expenses and a decrease in products quality and caused supply surplus crisis and a reduction in sales.
Therefore in this paper, the performance of tile and ceramic company in Meybod in the years of 1386 and 1387 has been evaluated. For this end we use one of non-parametric frontier techniques which name is data envelopment analysis. Results indicate that between 10 companies, only 4 companies, Maryam, Sadaf, Narin and Bastan, have technical and scale efficiency in two years. Investigating productivity growth trendby using Malmquist index shows that, in the year 1387 only Bastan Company hold its productivity in specific level and others experience a decrease in productivity trend. Decomposing this index shows that all the companies except Bastan has a recession in technology frontier. Therefore an optimal strategy for these companies is to focus on modern technology translation and technologic innovations.

Key Words: Data Envelopment Analysis, Efficiency, Malmquist index, Tile and Ceramic Industry.

۱- مقدمه

انسان در همهٔ اعصار با مشکلی به نام محدودیت منابع و امکانات تولید روبرو بوده و هست؛ از طرفی نیز با توجه به ارتقای انتظارات مردم از رفاه اقتصادی، تقاضا برای کالاها و خدمات روبه افزایش است. با توجه به محدودیت منابع و امکانات، بهترین راه حل موجود برای کاهش شکاف بین عرضه و تقاضا، استفاده کارا از منابع و امکانات است (Shahreari, 2004).

صنعت کاشی و سرامیک، از جمله صنایعی است که سهم بزرگی در صادرات غیر نفتی ایران دارد. صنعت با توجه به نقش مهمی که در بالا رفتن سطح بهداشت جامعه داشته و همچنین به دلیل برخورداری از مزایای فراوان تولیدی از جمله مواد اولیه، سوخت، انرژی، نیروی انسانی و غیره طی سال‌های اخیررشد فراوانی را در گروه صنعت کانی‌های غیر فلزی به خود اختصاص داده است. کشور ایران با تولید ۱۲۳ میلیون متر مربع کاشی، رتبه دهم تولید کاشی و سرامیک را در جهان داراست. این در حالی است که صنعت کاشی در حدود ۲۰٪ از کل صنایع ایران را تشکیل می‌دهد.

از زمان احداث اولین واحد تولید کاشی در ایران حدود ۵۰ سال می گذرد. روند این صنعت طی ۵۰ سال گذشته به گونه ای بوده است که از تولید ۵۰۰هزار مترمربع در سال ۱۳۳۹ به ۳۳۰میلیون مترمربع در سال ۸۶ رسیده است (۶۶۰برابر). طی سال‌های گذشته، ایتالیا، اسپانیا و ترکیه رتبه‌های اول تا سوم تولید و صادرات کاشی را در اختیار داشتند؛ اما در حال حاضر با ورود چین به عرصه، رقابت جایگاه سوم در اختیار این کشور قرار گرفته است. ایران در این میان، جایگاه قابل قبولی نداشته و ندارد.تا قبل از سال ۱۳۳۹، تولید کاشی در ایران علی رغم پیشینهٔ ۱۰ هزارسالهٔ آن، همچنان به صورت دستی و سنتی مانده بود. از سال ۱۳۳۹ با افتتاح کارخانه کاشی ایرانا، تولید کاشی به صورت صنعتی و با ماشین آلات و تجهیزات جدید نیز در کشور شروع شد. وجود منابع کافی انرژی و مواد اولیه در داخل و بازارهای مناسب در کشورهای مجاور، انعطاف پذیری صنعت کاشی و سرامیک، ارزش افزوده نسبتاً خوب از نقاط قوت صنعت کاشی و سرامیک در کشور است؛ در مقابل عدم تناسب حجم سرمایه گذاری با نیاز، عدم تکمیل حلقه‌های صنعتی، هزینه‌های بالای نیروی کار و انرژی، مشکلات راهبردی از نقاط ضعف این صنعت در کشور است (انجمن تولید کنندگان کاشی و سرامیک کشور).

بر طبق آمار منتشرشده در سال ۱۳۸۶ میزان ارزش صادرات این محصول به بیش از ۳۸ میلیون دلار رسیده که رقم قابل توجهی است. همچنین بر اساس این آمار در سال ۱۳۸۶ بیش از ۶۰ هزار نفر به طور مستقیم در ارتباط با این صنعت مشغول به کار بوده اند. در این میان شهرستان میبد با تولید ۲۰ میلیون متر مربع کاشی در سال یکی از قطب‌های تولید کاشی و سرامیک در ایران به شمار می‌آید (انجمن تولید کنندگان کاشی و سرامیک کشور).

طبق آمار منتشر شده صنعت کاشی ایران حداقل تا سال ۱۳۹۰ با بحران مازاد عرضه نسبت به تقاضا روبروست. از طرفی به دلیل عدم رعایت استانداردهای رایج، از قبیل میزان تولید سرانه، انرژی مصرفی، هزینه‌های تعمیرو نگهداری، مقدار ضایعات، تعداد نیروی‌کار و غیره، شرکت‌های ایرانی قادر به رقابت با شرکت های خارجی نیستند. از این رو اولین قدم برای ورود به بازارهای جهانی کسب استانداردهای موجود در دنیاست(دهقانی،۱۳۸۴). نگاهی اجمالی به موارد ذکر شده بیانگر این مطلب است که صنعت کاشی ایران از عدم کارایی در استفاده از مواد، نیروی انسانی، سرمایه و دیگر بخش‌های تولید رنج می برد. این ناکارایی سبب تحمیل هزینه های فراوان بر دوش صاحبان این صنایع شده و تاثیرات نامطلوبی بر کیفیت تولید و صادرات کاشی داشته است (صادقی فروشانی،۱۳۸۴). یکی از موثرترین راه‌ها برای رفع این نقایص، افزایش کارایی درخطوط تولید است. با توجه به مورد فوق، هدف، سنجش کارایی شرکت های کاشی سازی میبد، تعیین واحدهای ضعیف و تعیین واحدهای الگو برای آنهاست. در این مقاله برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده ۱ (DMUs) از روش تحلیل پوششی داده‌ها [۲](DEA) استفاده شده است. مدل‌های به کار گرفته شده از نوع مدل‌های پایه ای CCR و BCC و مدل بازده نسبت به مقیاس غیر افزایشی [۳](NIRS) هستند که برای محاسبه انواع کارایی‌های کلی، تکنیکی و مقیاسی به کار گرفته می‌شوند.

---

1 - Decision Making Units (DMUs)
2 - Data Envelopment Analysis (DEA)
3 - Non Increasing Return to scale (NIRS)

۲- مبانی نظری تحقیق

تاکنون مطالعات بسیاری در زمینه محاسبه کارایی انجام گرفته و روش‌های متعددی نیز مطرح شده است. دیدگاه‌های مطرح در بحث‌ها ارزیابی عملکرد به دو دسته دیدگاه‌های مرزی و دیدگاه‌های غیر مرزی قابل تقسیم هستند. دیدگاه‌های مرزی که از شهرت و محبوبیت بیشتری برخوردارند شامل پنج دیدگاه مهم به نام‌های DEA، FDH، SFA (یا EFA)، TFA و DFA. در این بین، دو روش اول به روش‌های ناپارامتریک و بقیه به روش‌های پارامتریک مشهورند. روش‌های ناپارامتریک در برآورد مرز کارایی، داده‌های تجربی را در نظر می‌گیرند و در نتیجه مرز این مدل‌ها از داده‌های تجربی استخراج می‌شود، اما در روش‌های پارامتریک مرز کارایی با استفاده از تکنیک‌های آماری و روش‌های اقتصاد سنجی تخمین زده می‌شود. بر این اساس، روش‌های ناپارامتریک و خصوصا تکنیک DEA در مقایسه با دیگر روش‌ها ساده ترین و کارامدترین روش برای ارزیابی واحدهاست زیرا این روش نیازمند هیچ گونه فرض اولیه‌ای در مورد شکل تابع تولید و مرز کارا نیست (wa, 2006).

تحلیل پوششی داده‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز، کوپر و رودز برای ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی امریکا مطرح گردید. در این مدل، میزان بازده نسبت مقیاس همواره ثابت فرض می‌شد. تعمیم مدل CCR به بازده نسبت به مقیاس توسط بنکر، چارنز و کوپر در سال ۱۹۸۴ ارائه و به مدل BCC معروف شد. در این مدل، بازده نسبت به مقیاس متغیر و بنا به شرایط ممکن است افزایشی، ثابت و یا کاهشی باشد (Aurezael&Alaman, 2005). پس از ارائه این مدل‌های پایه‌ای در DEA ، مطالعات فراوانی، چه در حوزه توسعه مدل‌های جدید و چه در حوزه به کارگیری این مدل‌ها برای ارزیابی عملکرد صورت گرفت. جدول (۱) برخی از مطالعات انجام شده به همراه ورودی‌ها و خروجی‌های استفاده شده در هر یک را نشان می‌دهد.

این روش به طور تجربی در بسیاری از زمینه‌ها از قبیل ارزیابی مدارس (چارنز و همکاران، ۱۹۸۱)، بخش‌های استخدامی (لوین و موری، ۱۹۸۱)، دادگاه‌های عالی کیفری (لوین وهمکاران، ۱۹۸۲)، رستوران غذاهای آماده (بنکر و موری، ۱۹۸۶)، بیمارستان‌ها (بنکر و موری، ۱۹۸۶)، واحدهای دانشگاهی (تامکینز و گرین، ۱۹۸۸)، شرکت‌های دارویی (اسمیت، ۱۹۹۰)، بخش‌های نگهداری وسایل نقلیه (کلارک، ۱۹۹۲) و شعب بانک‌ها (محمد مصطفی، ۲۰۰۷) مورد استفاده قرار گرفته است (کوک، ۲۰۰۹).

جدول (۱): مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی کارایی با استفاده از DEA

مطالعه	کشور	مورد مطالعه	ورودی ها	خروجی ها
Chandra et al (1998)	Canada	صنعت نساجی	تعداد کارکنان، سرمایه خالص	فروش سالانه
Friedman and Stern (1998)	USA	شرکت‌های صنعتی	دارایی ها، متوسط دستمزد ساعتی، هزینه کار و مواد	درآمد، درآمد صادرات
Shammari (1999)	Jordan	شرکت‌های تولیدی	تعداد کارکنان، سرمایه پرداخت شده، دارایی ثابت	قیمیت بازار، فروش خالص و درآمد پس از مالیات
Ulucan (2000)	Turkey	بورس سهام	تعداد کارکنان، سرمایه پرداخت شده، دارایی ثابت	قیمیت بازار، فروش خالص و درآمد پس از مالیات
Chen (2003)	China	بافندگی، متالوژی، شیمی	سرمایه، نیروی کار	تولید ناخالص
Duzakin (2007)	Turkey	شرکت‌های صنعتی	دارایی‌های خالص، بدهی ها، سهم سهامداران	سود
Paradi (2004)	Canada	صنعت بانکداری	کارکنان	معاملات، مخارج نگهداری
Mukherejee (2002)	India	صنعت بانکداری	خالص ارزش، هزینه‌های عملیاتی، کارکنان، تعداد شعب، وام ها	سپرده ها، سود خالص، درآمده غیر بهره، درآمد بهره
Wu & Liang (2006)	Canada	صنعت بانکداری	کارکنان، هزینه ها	سپرده ها، درآمد، وام

منبع: مطالعات محقق

بررسی مطالعات تجربی در زمینه به کارگیری DEA، بیانگر این مطلب است که اکثر مطالعات در واحدهای خدماتی (بانک ها، بیمارستان ها، حمل و نقل، شرکت‌های بیمه و ...) انجام گرفته و تعداد مطالعات انجام شده در واحدهای تولیدی نسبت به خدماتی بسیار اندک است. در مطالعات زیر، کارایی واحدهای صنعتی با استفاده از تکنیک DEA و با به کارگیری مدل‌ها و رویه‌های متنوع محاسبه شده است.

لاوادو (۲۰۰۴) در مطالعه خود به بررسی کارایی ۱۱۹ شرکت الکتریکی در فیلیپین پرداخت.

این مطالعه در دوره زمانی سال‌های بین ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ انجام شد و علاوه بر محاسبه کارایی هر DMU، روند رشد بهره‌وری کل عوامل[1] در دوره زمانی مربوطه نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعات ایشان نشان داد متوسط رشد بهره‌وری در این ۱۲ سال ۱.۷ درصد بوده است.

از طرف دیگر، فریدمن و استرن (۱۹۹۸) با استفاده از سه تکنیک رتبه بندی مختلف به رتبه بندی ۷۲ شاخه صنعتی در آمریکا پرداختند. در این راستا ایشان تکنیک‌های تحلیل همبستگی دو سویه[2]، تحلیل ممیزی نسبت ها[3] و روش کارایی متقاطع[4] را به کارگرفتند. رتبه بندی‌های به‌دست آمده از این روش‌ها با رتبه بندی حاصل از DEA مقایسه و درجه صحت آنها بررسی شد. در نهایت هر سه روش مورد تأیید قرارگرفتند. در این مطالعه ورودی‌ها شامل دارایی ها، متوسط دستمزد کارکنان، هزینه‌های کارکنان، مواد خام و دیگر هزینه‌ها و خروجی‌ها شامل درآمد فروش در بازارهای محلی، درآمد صادرات و درآمد ناشی از کار برای دیگر شرکت‌ها بود.

در مطالعه‌ای دیگر کولدیپ (۲۰۰۴) به بررسی کارایی ۱۸ ناحیه صنعتی هند در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۹۸۱- ۱۹۸۰، ۱۹۹۱- ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱- ۲۰۰۰ پرداخت. در این مطالعه، ورودی‌ها به شکل سرمایه ثابت، سرمایه در گردش، تعداد کارگر و تعداد مدیران ستادی و خروجی به شکل تولید ناخالص در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد کارایی سرمایه ثابت و سرمایه در گردش در ۱۲ ناحیه صنعتی افزایش یافته و سرانجام در دوره زمانی ۲۰۰۱- ۲۰۰۰ به ۱۰۰ درصد رسیده است.

در یک مطالعه مرتبط با صنعت کاشی، پیکازو و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از تکنیک DEA، عملکرد ۱۸ شرکت کاشی در اسپانیا را مورد ارزیابی قرار دادند. ایشان در این مطالعه، ورودی‌ها را به شکل مواد اولیه، سرمایه و نیروی کار و خروجی را به شکل مترمربع کاشی تولید شده در نظر گرفتند.

دانگلان (۲۰۰۴) در تحقیقی که بین سال‌های ۲۰۰۲- ۱۹۹۵ انجام داد کارایی ۲۵ بخش صنعتی در چین را مورد ارزیابی قرار داد. در این ارزیابی به منظور بررسی روند رشد TFP، از شاخص مالم کوئیست استفاده شد و نتایج یک بهبود مستمر در مقدار TFP را نشان داد. پس از تجزیه

---

1 - Total Factor Productivity (TFP)
2 - Canonical Correlation Analyses
3 - Discriminate Analysis Of Ratios
4 - Cross Efficiency Method

مقدار TFP به شاخص تغییر تکنولوژی و شاخص تغییر کارایی، میزان رشد TFP به تغییر و نوآوری در تکنولوژی نسبت داده شد.

با استفاده از مدل‌های CCR و BCC، ژو (۲۰۰۰) به ارزیابی عملکرد ۳۶۴ شرکت برتر در مجله فرچون پرداخت. این مطالعه دارای یک رویه سه مرحله‌ای بود بدین ترتیب که در مرحله اول (تحلیل سود آوری) ورودی‌ها شامل کارکنان، دارایی‌ها و حقوق صاحبان سهام و خروجی‌ها شامل درآمدها و سود بودند. در مرحله دوم (ارزیابی قابلیت عرضه در بازار) ورودی ها؛ درآمد و سود و خروجی ها؛ ارزش بازار، کل بازده به سرمایه گذاران و درآمد هر سهم بودند. در مرحله سوم ورودی‌های مرحله اول و خروجی‌های مرحله دوم به عنوان ورودی و خروجی به کار گرفته شد و یک ارزیابی کلی بدست آمد.

مشابه مطالعه ژو (۲۰۰۰) را آلوکان (۲۰۰۰) با استفاده از مدل‌های BCC و CCR بر روی ۱۰۳ شرکت برتر در ترکیه انجام داد. در این مطالعه، ایشان نیز یک دیدگاه DEA سه مرحله‌ای و با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه کار ژو در نظر گرفت، اما برخلاف کار ژو، آلوکان کارکنان، دارایی‌ها و حقوق صاحبان سهام را در هر سه مرحله به عنوان ورودی مد نظر قرار داد.

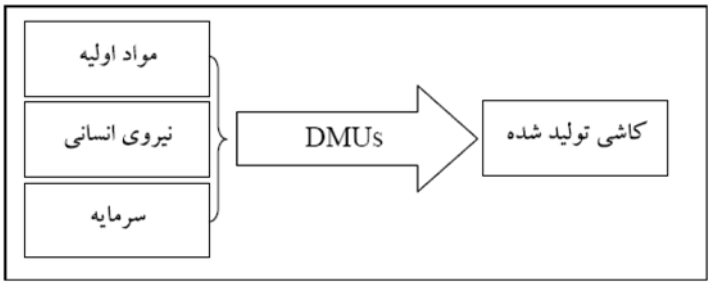
جهان شاهلو و خدابخشی (۲۰۰۴) به بررسی صنعت نساجی چین در یک دوره زمانی ۷ ساله پرداختند و به منظور ارزیابی؛ دو مدل مختلف را پیشنهاد دادند و در نهایت نتایج به‌دست آمده را با مدل BCC مقایسه کردند. در مطالعه آنها نیروی کار و سرمایه به عنوان دو ورودی، میزان تولید به عنوان خروجی و هر دوره زمانی به عنوان یک DMU در نظر گرفته شده بود.

۳-روش تحقیق

در این مقاله با استفاده از مدل‌های CCR، BCC و NIRS سه نوع کارایی کلی[1]، فنی[2] و مقیاسی[3] محاسبه و در ادامه با استفاده از مدل جمعی[4]، واحدهای کارای قوی از واحدهای کارای

1- Overall Efficiency
2- Technical Efficiency (TE)
3- Scale Efficiency (SE)
4- Additive Model (ADD)

ضعیف تفکیک شدند. در پایان با استفاده از ابزارهای تحلیل پنجره‌ای و شاخص مالم کوئیست، به بررسی روند رشد بهره‌وری در سال‌های بین ۸۶ و ۸۷ پرداخته شد. محاسبات مورد نیاز توسط نرم افزارهای "Frontier Analyst" و "Lindo" صورت گرفته است. واحدهای مورد ارزیابی در این طرح از نظر فرایند تولید متجانس هستند. ورودی‌های آنها به شکل مواد اولیه، سرمایه، نیروی انسانی و خروجی، مترمربع کاشی تولید شده می‌باشد. (شکل ۱)



شکل (۱): مدل مفهومی تحقیق

۳-۱: تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی است که برای اندازه گیری کارایی هر یک از واحدهای تصمیم گیرنده به توسعهٔ یک مرز کارا[1] می‌پردازد. در این روش کارایی DMUi به شکل نسبت مجموع وزنی ستاده به مجموع وزنی داده تعریف می‌شود. در این فرایند DEA مناسب ترین مجموعهٔ وزن‌ها را برای DMUi جستجو می‌کند. این مجموعه‌ی وزن‌ها نسبت کارایی DMUi را ماکزیمم می‌کند به شرطی که این نسبت برای هیچ یک از DMUها از ۱ تجاوز نکند.

۳-۱-۱: مدل CCR

چانز، کوپر و رودز (۱۹۷۸) با فرض ثابت بودن[2] بازده نسبت به مقیاس[1]، مدلی را ارائه دادند که

---

1 - Frontier Efficient

۲- بازده ثابت، یعنی یک تغییر در ورودی‌ها باعث تغییری به همان نسبت در خروجی‌ها خواهد شد.

با تولید یک مرز تجربی به پوشش داده‌ها می‌پرداخت و بدین ترتیب کارایی تکنیکی هر واحد را بر اساس این مرز تخمین می‌زد (شکل ۲). شکل (۲) سیستمی با یک ورودی و یک خروجی را نشان می‌دهد. در اینجا به منظور محاسبه کارایی واحد E ابتدا مقدار Y ثابت فرض شده[۲] و سپس کارایی به شکل $\frac{OF}{OE}$ در مدل CCR و یا $\frac{OA}{OE}$ در مدل BCC محاسبه خواهد شد. مسئله اصلی در مدل‌های DEA تعیین مقدار وزن‌های u_r و v_i می‌باشد به طوری که مقدار کارایی DMU مورد مطالعه را حداکثر کند. فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده موجود باشند و DMU_j یک بردار m تایی نهاده ($X_j = (x_{1j}, ... x_{mj})$ را مصرف و یک بردار s تایی ستاده ($(y_{1j}, ... y_{sj})$ = y_j را تولید کند. در این صورت کارایی DMU_0 با استفاده از مدل (۱) محاسبه خواهد شد.

$$Max\, Z_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

$$st:$$

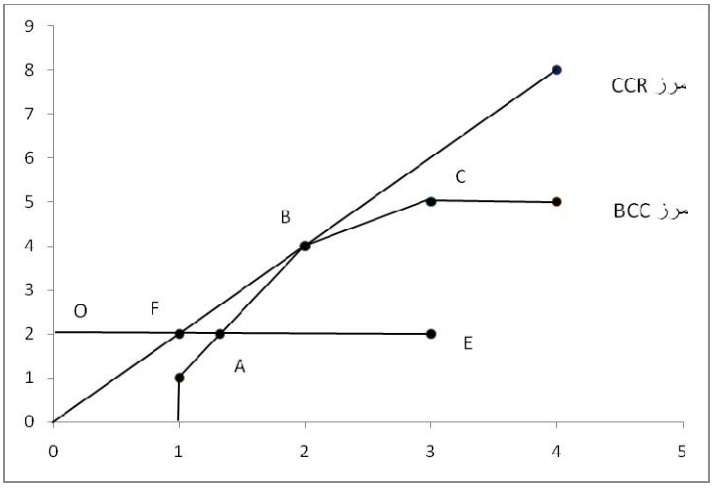
$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon$$

مدل (۱): مدل CCR

1 - Constant Return To Scale (CRS)

۱۱ – در اینجا از مدل‌های ورودی گرا استفاده شده است. در صورتی که مدل خروجی گرا باشد مقدار X ثابت فرض خواهد شد.



شکل (۲): مرز کارایی در مدل‌های BCC و CCR

برای محاسبه کارایی n واحد تصمیم گیرنده باید n بار مدل (۱) را حل نمود. به دلیل غیر خطی بودن این مدل، برای حل آن، روش هایی چون برنامه ریزی کسری، ثابت قرار دادن مخرج کسر تابع هدف (مدل‌های ورودی گرا) و یا ثابت قرار دادن صورت کسر تابع هدف (مدل‌های خروجی گرا) پیشنهاد شده است. پس از حل مدل فوق، یک واحد در صورتی کارا می‌شود که اولا مقدار تابع هدف برابر با ۱ و ثانیا تمامی u_r و v_iها مثبت شوند. از این رو، مقدار این متغیرها در مدل(۱) بزرگ‌تر یا مساوی یک عدد کوچک (ε) در نظر گرفته شده است. به واحدی که دارای این شرایط باشد واحد کارای قوی گفته می‌شود. به واحدی که دارای مقدار ۱ در تابع هدف است؛ لیکن مقدار حداقل یکی از u_r و v_iها صفر شده، واحد کارای ضعیف گفته می‌شود. از آنجا که شرط مثبت بودن متغیرها بر مدل (۱) اعمال شده؛ این مدل توانایی تفکیک واحدهای کارای ضعیف و واحدهای ناکارا را ندارد و در نتیجه هر دو گروه؛ جزء واحدهای ناکارا طبقه بندی خواهند شد.

مدل‌های مطرح شده در تحلیل پوششی داده‌ها در گروه مدل‌های برنامه ریزی خطی قرار دارند؛ بنابراین این مدل‌ها دارای شکل دیگری به نام مدل‌های ثانویه (فرم پوششی) نیز هستند که برای نمونه فرم پوششی مدل BCC نشان داده شده است (مدل ۳).

مدل CCR از جملهٔ مدل‌های بازده نسبت به مقیاس ثابت است. این مدل‌ها اندازه واحد تصمیم

گیرنده را هنگام ارزیابی عملکرد نادیده می‌گیرند، در حالی که ممکن است اندازه بنگاه روی توانایی آن در تولید خدمات کاراتر موثر باشد (کوک، ۲۰۰۹). بنابراین در ادامه مدل بازده نسبت به مقیاس متغیر[1] مطرح می‌شود.

۳-۱-۲: مدل BCC

بنکر، چارنز و کوپر در سال ۱۹۸۴ با فراهم کردن فرض بازده نسبت به مقیاس متغیر، به توسعه مطالعات اولیه چارنز و همکاران (۱۹۷۸) پرداختند. با استفاده از مفروضات مدل (۱)، مدل BCC ورودی گرا می‌تواند به شکل مدل (۲) نوشته شود. همان طور که آشکار است، مدل‌های CCR و BCC در تمام موارد مشابه هستند و تنها تفاوت بین این دو مدل در متغیر W می‌باشد که به شکل یک متغیر آزاد در علامت؛ از صورت تمامی کسرها درمدل (۲) کم شده است. مقدار این متغیر می‌تواند مثبت، منفی و صفر باشد که به ترتیب بیانگر بازده نسبت به مقیاس افزایشی، کاهشی و ثابت است. مدل (۳) فرم پوششی مدل (۲) را نشان می‌دهد. تنها تفاوت مدل (۳) با فرم پوششی مدل (۱) در محدودیت $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ (قید محدبی) می‌باشد. حذف این محدودیت باعث افزایش منطقه موجه در مدل CCR می‌گردد و به همین دلیل تعداد واحدهای کارا و نیز متوسط نمرات کارایی در مدل CCR کاهش می‌یابد:

$$Max\ Z_o = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} - w$$

$$st:$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - w \le 0$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon \qquad w \quad free$$

مدل (۲): مدل BCC ورودی گرا

---

1 - Variable Return To Scale (VRS)

$$Min\ y_o = \theta - \varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} S_i^- + \sum_{r=1}^{s} S_r^+\right)$$

$$st:$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{ro} \qquad (r = 1,2,...,s)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta x_{io} \qquad (i = 1,2,...,m)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad (j = 1,2,...,n)$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

مدل (۳): فرم پوششی مدل BCC ورودی گرا

باید توجه داشت که نمرات BCC تنها می‌تواند بیانگر کارایی تکنیکی خالص باشد. بنابراین، برای مقایسه جامع بین واحدها، استفاده از مدل CCR نیز ضرورت دارد. نمرات CCR ترکیبی از کارایی تکنیکی خالص و کارایی مقیاس می‌باشد. نسبت کارایی کل (CCR) به کارایی تکنیکی خالص (BCC) می‌تواند بیانگر کارایی مقیاس باشد (مصطفی، ۲۰۰۷). کارایی مقیاس، توسعه‌ای است که یک سازمان می‌تواند از مزایای بازده به مقیاس با تغییر اندازه اش به سوی مقیاس بهینه بدست آورد. ضعف اندازه کارایی مقیاس عدم توانایی آن در بیان افزایش یا کاهشی بودن بازده به مقیاس برای واحد تحت بررسی است. برای رفع این مشکل از مدل جدیدی استفاده می‌شود که دارای بازده به مقیاس غیر افزایشی است. تنها تفاوت این مدل با مدل BCC تبدیل قید محدبی به $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \leq 1$ می‌باشد. برای تعیین نوع بازده نسبت به مقیاس، ابتدا می‌بایست مدل NIRS را برای تمامی DMUها حل نمود. سپس نتایج مدل‌های BCC و CCR مقایسه می‌شود. اگر این دو امتیاز مساوی بود بازده به مقیاس ثابت است؛ در غیر این صورت نتایج BCC و NIRS مقایسه می‌شود. اگر امتیازات مساوی بود بازده به مقیاس کاهشی و در غیر این صورت افزایشی است (مهرگان، ۱۳۸۳).

۳-۱-۳: مدل جمعی

همان طور که گفته شد برای اندازه گیری کارایی در تحلیل پوششی داده ها، مدل (۱)، یا به شکل ورودی گرا و یا به شکل خروجی گرا در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که در بسیاری از موارد ملاک خاصی برای انتخاب یکی از این دو شکل وجود ندارد، لیکن محققان در انتخاب فرم ورودی گرا یا خروجی گرا مردد می‌مانند. بر این اساس، چارنز و همکاران (۱۹۸۵) مدلی را مطرح نمودند که در یک زمان بتواند هم ورودی‌ها را مینیمم کند و هم به ماکزیمم کردن خروجی‌ها بپردازد (شکل ۳).

$$\max \quad \sum_i \bar{s}_i + \sum_r \overset{+}{s}_r$$

$$s.t.$$

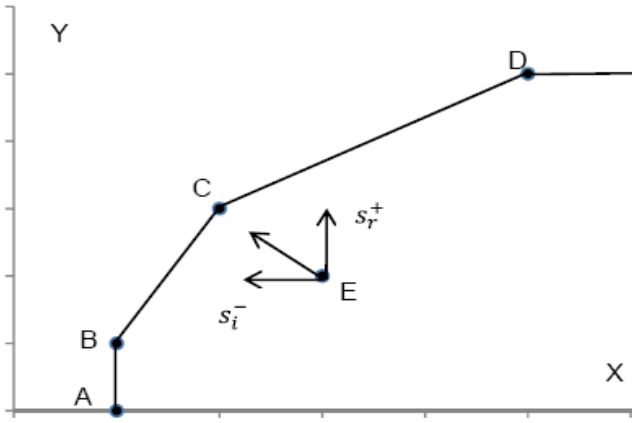
$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + \bar{s}_i \leq= x_{io,} \quad i = 1,...,m$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} + \overset{+}{s}_r \leq= y_{ro,} \quad r = 1,...,s$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, \bar{s}_i, \overset{+}{s}_r \geq 0$$

مدل (۴): مدل جمعی با فرض بازده نسبت به مقیاس متغیر



شکل (۳): مدل مرز کارایی در مدل جمعی

با استفاده از مفروضات مطرح شده در مورد مدل (۱)، فرم بازده نسبت به مقیاس متغیر مدل جمعی را می‌توان به صورت مدل (۴) نوشت. در این مدل، S_r^+ بیانگر خروجی کمبود و S_i^- بیانگر ورودی مازاد است. تابع هدف مدل(۴) به دنبال حداکثر کردن جمع این دو مقدار است و از شکل (۳) آشکار است که برای مثال در مورد واحد ناکارای E، حداکثر این جمع در نقطه C و بر روی مرز کارا قرار می‌گیرد. با توجه به این موارد، بدیهی است در این مدل تنها واحدهایی کارا هستند که مقدار تابع هدف مدل (۴) برای آنها مقدار صفر اختیار کند، زیرا تنها در این صورت است که واحد مربوطه هیچ گونه خروجی کمبود و ورودی مازادی نداشته و روی مرز کارا قرار می‌گیرد. در مدل جمعی، مقدار تابع هدف صفر تنها برای واحدهای کارای قوی به دست می‌آید و درنتیجه با مقایسه نتایج این مدل و مدل‌های پایه ای، می‌توان واحدهای کارای ضعیف و قوی را متمایز کرد.

۳-۱-۴: تحلیل پنجره ای

تحلیل پنجره‌ای به منظور بررسی روند تغییرات کارایی در بخش سری‌های زمانی، توسط چارنز و همکاران (۱۹۸۵) مطرح شد. در این مدل پنجره به شکل k مشاهده در مورد یک واحد تصمیم گیری[۱] در نظر گرفته می‌شود به طوری‌که این k مشاهده در مرحله بعد، k واحد تصمیم گیری مجزا را تشکیل می‌دهند. از این رو در هر تحلیل $n \times k$ واحد تصمیم گیری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد به طوری‌که k نمره کارایی برای هر واحد به دست می‌آید. در ادامه، پنجره یک دوره به جلو حرکت می‌کند (برای مثال به جای فصل‌های ۱ تا ۴، فصل‌های ۲ تا ۵ محاسبه می‌شوند) و فرایند تکرار خواهد شد. تحلیل پنجره‌ای به محقق کمک می‌کند تا در هر دوره زمانی به مشاهده پایداری یک واحد تصمیم گیری تحت مجموعه متفاوتی از داده‌ها بپردازد و به همین ترتیب؛ روند بین k مشاهده برای یک DMU درون یک مجموعه داده‌های مشابه را بررسی کند.

۱- برای مثال k می‌تواند برابر ۴ فصل سال باشد

۳-۱-۵: شاخص مالم کوئیست

شاخص مالم کوئیست برای اولین بار برای تحلیل میزان مصرف منابع توسط مالم کوئیست (۱۹۵۳) مطرح شد. فار (۱۹۹۴) یک مدل ترکیبی [شاخص مالم کوئیست و تحلیل پوششی داده ها][1] را به عنوان شاخصی برای بررسی روند تغییرات بهره‌وری در طول زمان ارائه داد. این شاخص می‌تواند در دو جز به شکل تغییر در مرز تکنولوژی و تغییر در کارایی تکنیکی تجزیه شود. برای شرح روش فرض کنید x_{ij}^{t} و y_{rj}^{t} بیانگر سطوح ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم j در زمان t باشند. برای محاسبه شاخص مالم کوئیست نیاز به محاسبه کارایی‌های دو دوره زمانی مجزا و دو دوره زمانی ترکیبی است. برای محاسبه کارایی دوره‌های زمانی مجزا از مدل CCR استفاده می‌شود. بدین ترتیب کارایی دوره زمانی t از مدل (۵) به دست خواهد آمد:

$$\theta_0^t(x_0^t, y_0^t) = \min \ \theta_0$$
$$s.t$$
$$\sum_j x_j{}^t \lambda_j \le \theta_0 x_o^t$$
$$y_j{}^t \lambda_j \ge y_o^t$$
$$\lambda_j \ge 0$$

مدل (۶): محاسبه کارایی داده‌های دوره t+1 با مرز دوره t

$$\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) = \min \ \theta_0$$
$$s.t$$
$$\sum_j x_j{}^t \lambda_j \le \theta_0 x_o^{t+1}$$
$$y_j{}^t \lambda_j \ge y_o^{t+1}$$
$$\lambda_j \ge 0$$

مدل (۵): محاسبه کارایی داده‌های دوره t با مرز دوره t

---

1 - DEA-Malmquist

به طریق مشابه، با استفاده از t+1 به جای t در معادله بالا، $\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ به عنوان نمره کارایی تکنیکی برای DMU_0 در دوره t+1 معرفی می‌شود. اولین مقیاس دوره ترکیبی که به شکل $\theta_0^{t}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ برای DMU_0 تعریف می‌شود، با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی (۶) به دست می‌آید.

این مدل، x_0^{t+1} را با مرز دوره t مقایسه می‌کند. به طریق مشابه، دیگر کارایی ترکیبی، $\theta_0^{t+1}(x_0^{t}, y_0^{t})$ است که به مقایسه x_0^t با مرز دوره t+1 می‌پردازد. مدل شاخص مالم کوئیست ورودی گرا می‌تواند به شکل زیر تعریف شود:

$$M_0 = \left[\frac{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} * \frac{\theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right]^{1/2}$$

مدل (۷): شاخص مالم کوئیست ورودی گرا

$$\overline{M}_0 = \frac{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \left[\frac{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} * \frac{\theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)} \right]^{1/2}$$

مدل(۸): مدل توسعه یافته شاخص مالم کوئیست

M_0 به محاسبه تغییرات بهره‌وری بین دوره t دوره $t+1$ می‌پردازد. اگر $M_0>1$ باشد بهره‌وری کاهش یافته است. اگر برابر ۱ شود ثابت مانده و اگر کوچک‌تر از ۱ شود بهبود یافته است. با توسعه مدل (۸) بر روی شاخص M_0 می‌توان حرکت مرز و تغییر کارایی تکنیکی را بررسی کرد.

اولین عبارت موجود در سمت راست مدل (۸) بیانگر تغییر کارایی تکنیکی از دوره t تا $t+1$ است. $TEC = \frac{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}$ بیان گر این است که کارایی تکنیکی بهبود یافته، ثابت مانده و کاهش یافته است. دومین عبارت یعنی $FS_0 = \left[\frac{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} * \frac{\theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)} \right]$ انتقال مرز کارا را از t تا t+1 محاسبه می‌کند. اگر FS_0 بزرگ‌تر از ۱ باشد مرز تکنولوژی پسرفت داشته و اگر کوچک‌تر از ۱ باشد مرز تکنولوژی بهبود یافته و اگر مساوی با ۱ باشد مرز تکنولوژی انتقالی نداشته است.

۴- ارزیابی عملکرد صنعت کاشی سازی

در این مقاله، به ارزیابی عملکرد ۱۰ شرکت بزرگ کاشی و سرامیک، طی سال‌های ۸۶ و ۸۷ پرداخته شده است. جدول (۲) نشان دهنده آمار توصیفی ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده برای دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ می‌باشد.

جدول (۲): اطلاعات آماری داده ها

	مواد اولیه	نیروی انسانی	سرمایه	کاشی تولید شده
سال ۸۶				
میانگین	۶۸۱۴	۳۹۲	۱۷۳۶۹	۳۶۰۵۵۶
انحراف استاندارد	۳۹۶۵	۳۱۴	۹۴۸۷	۲۱۴۵۲۵
مینیمم	۳۶۰۰	۱۹۹	۸۷۳۵	۱۸۰۰۰۰
ماکزیمم	۱۷۰۰۰	۱۲۵۰	۴۱۸۴۷	۹۲۰۰۰۰
سال ۸۷				
میانگین	۷۹۹۷	۳۹۳	۲۲۳۰۷	۴۱۸۴۶۷
انحراف استاندارد	۳۶۵۱	۳۰۷	۱۱۳۹۴	۲۴۴۴۷۸
مینیمم	۳۳۸۴	۲۰۱	۱۰۹۱۹	۱۹۲۱۵۰
ماکزیمم	۱۶۳۲۰	۱۲۲۵	۵۰۶۳۵	۱۰۲۱۲۰۰

آمار توصیفی داده‌ها (جدول ۲) بیانگر این است که متوسط تولید در سال ۸۷ نسبت به سال قبل، ۱۶ درصد رشد داشته است؛ در حالی‌که متوسط نیروی انسانی تقریبا ثابت بوده، متوسط مصرف مواد اولیه ۱۷ درصد رشد داشته و متوسط سرمایه دارای رشدی معادل ۲۸ درصد بوده است.

۴-۱: محاسبه کارایی کلی، فنی و مقیاسی

در این قسمت سه نوع کارایی برای شرکت‌های کاشی سازی محاسبه شده است (جدول ۳). در دو ستون اول کارایی کلی شرکت‌ها با استفاده از مدل CCR محاسبه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود شرکت‌های کاشی مریم، صدف، نارین و باستان در دو سال ۸۶ و ۸۷ کارایی ۱۰۰٪ داشته اند. مطالعه نتایج مدل جمعی (ستون‌های ۳و۴) نشان می‌دهد واحدهای فوق از نوع واحدهای کارای قوی هستند، زیرا مقدار تابع هدف به دست آمده برای این واحدها در مدل

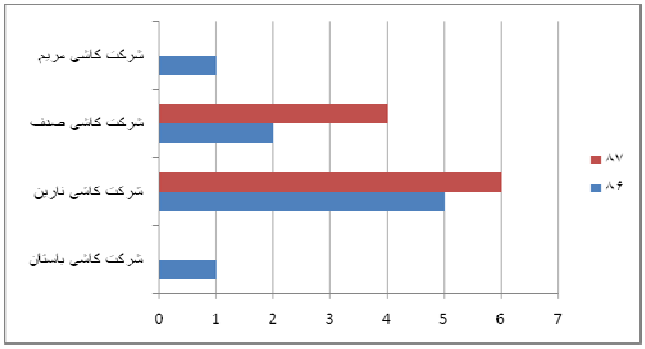
جمعی صفر می‌باشد. در ادامه، کارایی مقیاس هر یک از شرکت‌ها با استفاده از مدل‌های بازده به مقیاس متغیر و بازده به مقیاس غیر افزایشی، به شکل دو ستون ۹ و ۱۰ محاسبه شد. نتایج محاسبات نشان داد تنها شرکت‌های کاشی مریم، صدف، نارین و باستان در هر دو سال دارای کارایی مقیاس بوده اند. در شکل (۴) نتایج مدل‌های CCR و BCC در سال ۸۶ مقایسه شده است. بر اساس این شکل در سال ۸۷ تنها ۴ واحد ذکر شده در بالا دارای نمرات یکسانی در هر دو مدل بوده اند و از این رو تنها این ۴ واحد، کارای مقیاس هستند و به عبارتی بازده نسبت به مقیاس آنها از نوع بازده ثابت است. از ۶ واحد باقیمانده تنها شرکت کاشی کویر در بازده نسبت به مقیاس کاهشی فعالیت می‌کند و ۵ شرکت دیگر دارای بازده افزایشی نسبت به مقیاس هستند. بر این اساس یک سیاست بهینه برای مدیران شرکت کویر می‌تواند کاهش سطح منابع اولیه و به عبارتی کوچک سازی اندازه شرکت و در مقابل برای ۵ شرکت باقیمانده، یعنی ستاره، نگین، احسان، ارچین و کیمیا سرام، استراتژی بهینه افزایش سطح منابع اولیه و به عبارتی بزرگ‌تر کردن اندازه شرکت است. یکی از مباحث اساسی در تحلیل پوششی داده‌ها تعیین واحد مرجع می‌باشد. واحد مرجع عبارت است از واحد یا ترکیبی محدب از واحدهای کارا که یک DMU جهت ارزیابی عملکرد، داده‌های خود را با آن مقایسه می‌کند. شکل(۵) نشان دهنده تعداد دفعاتی است که هر یک از واحدهای کارا، در سال‌های ۸۶ و ۸۷ به عنوان واحد مرجع قرار گرفته اند. بر اساس این شکل شرکت کاشی نارین در دو سال مورد بررسی به تعداد دفعات بیشتری به عنوان واحد مرجع قرار گرفته و به عبارتی در بین واحدهای کارا واحد نمونه به شمار می‌آید.

۴-۲: بررسی روند تغییر کارایی بین فصول با استفاده از تحلیل پنجره ای

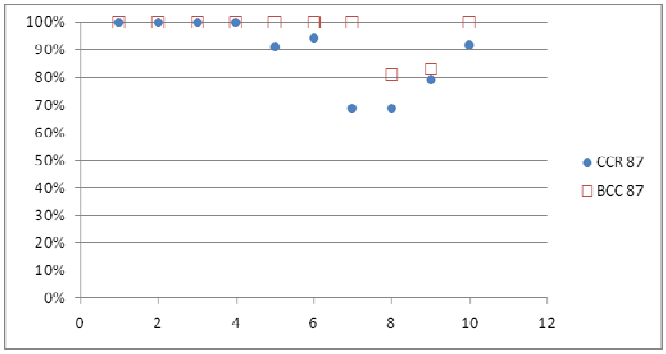
جدول (۴) نتیجه مطالعه کارایی بین ۸ فصل متوالی را نشان می‌دهد. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد کارایی ابتدا از یک روند کاهشی برخوردار بوده، به طوری که در فصل ۵ به پایین ترین میزان خود رسیده و در ادامه روند رو به رشدی پیدا کرده است. بر اساس داده‌های این جدول، شرکت کاشی صدف بیشترین میزان متوسط کارایی، یعنی مقدار ۹۰ درصد را در این ۸ فصل داشته است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی عملکرد شرکت‌های کاشی سازی در سال‌های ۸۶ و ۸۷

DMU	86 CCR	87 CCR	86 ADD	87 ADD	86 BCC	87 BCC	86 NIRS	87 NIRS	SE 86	SE 87	86 RTS	87 RTS
شرکت کاشی مریم	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	CRS	CRS
شرکت کاشی صدف	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	CRS	CRS
شرکت کاشی نارین	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	CRS	CRS
شرکت کاشی باستان	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	CRS	CRS
شرکت کاشی ستاره	٪۹۴	٪۹۱	۲۰۳۰۴۸	۶۴۵۵۴۶	٪۹۵	٪۱۰۰	٪۹۴	٪۹۲	٪۱۰۰	٪۹۹	IRS	IRS
شرکت کاشی کویر	٪۹۲	٪۹۴	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۹۲	٪۹۴	DRS	DRS
شرکت کاشی نگین	٪۸۶	٪۶۹	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۸۶	٪۶۹	٪۸۶	٪۶۹	IRS	IRS
شرکت کاشی احسان	٪۸۶	٪۶۹	۳۷۲۶۹۳	۷۳۷۸۸۳	٪۹۷	٪۸۱	٪۸۶	٪۶۹	٪۸۹	٪۸۵	IRS	IRS
شرکت کاشی ارجین	٪۸۴	٪۷۹	۴۳۱۱۵۹	۷۴۷۴۵۰	٪۸۶	٪۸۳	٪۸۴	٪۷۹	٪۹۷	٪۹۵	IRS	IRS
شرکت کاشی کیمیا سرام	٪۷۵	٪۹۲	۰	۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۷۵	٪۹۲	٪۷۵	٪۹۲	IRS	IRS



شکل (۵): تعداد دفعاتی که هر واحد به عنوان مرجع انتخاب شده است.



شکل (۴): مقایسه نتایج مدل‌های CCR و BCC در سال ۸۷

۵- بررسی روند رشد بهره‌وری بین سال‌های ۸۶ و ۸۷ با استفاده از شاخص مالم کوئیست

همان طور که گفته شد در بحث بررسی روند رشد بهره‌وری بین چند دوره، مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست مدل مفیدی است. بر این اساس، جدول (۵) نتایج بررسی روند رشد بهره‌وری در سال‌های ۸۶ و ۸۷ برای ۱۰ شرکت کاشی سازی را نشان می‌دهد. همان گونه که در ستون شاخص M مشاهده می‌گردد تمامی واحدها به غیر از شرکت باستان در این شاخص نمره بزرگ‌تر از ۱ دریافت کرده اند و این بدین معنی است که بهره‌وری در این شرکت‌ها یک روند نزولی را طی کرده و تنها شرکت باستان بهره‌وری خود را در سطح ثابتی حفظ کرده است. تجزیه شاخص M به دو شاخص TEC و FS نشان داد میزان کارایی تکنیکی ۵ شرکت کاشی مریم، صدف، نارین، باستان و ستاره؛ در فاصله این سال‌ها ثابت مانده، در حالی که شرکت‌های کاشی نگین و کیمیا سرام افزایش کارایی تکنیکی داشته اند و در مقابل سه شرکت کاشی کویر، احسان و ارچین از یک کاهش در کارایی تکنیکی برخوردار بوده اند.

جدول (۴): نتایج تحلیل پنجره ای

DMU	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Mean	Var
شرکت کاشی مریم	٪۱۰۰	٪۸۵	٪۹۷	٪۹۵						
		٪۸۸	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۵۶					
			٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۵۶	٪۸۶				
				٪۱۰۰	٪۵۹	٪۹۴	٪۹۳			
					٪۶۰	٪۹۲	٪۹۲	٪۱۰۰	٪۸۸	٪۳
شرکت کاشی صدف	۱۰۰%	۸۹%	۱۰۰%	٪۹۲						
		۸۹%	۱۰۰%	٪۱۰۰	٪۶۳					
			۱۰۰%	٪۱۰۰	٪۶۲	٪۹۷				
				٪۱۰۰	٪۶۴	٪۱۰۰	٪۱۰۰			
					٪۶۰	٪۹۴	٪۹۳	٪۱۰۰	٪۹۰	٪۲
شرکت کاشی نارین	۱۰۰%	۹۱%	۱۰۰%	٪۸۳						
		۹۱%	۱۰۰%	٪۸۵	٪۵۷					
			۱۰۰%	٪۸۵	٪۵۷	٪۹۳				
				٪۹۱	٪۶۱	٪۱۰۰	٪۹۸			
					٪۵۹	٪۱۰۰	٪۹۷	٪۱۰۰	٪۸۷	٪۳
شرکت کاشی باستان	۱۰۰%	۹۲%	%۱۰۰	٪۷۸						
		۹۴%	%۱۰۰	٪۸۲	٪۷۱					
			%۱۰۰	٪۸۲	٪۵۷	٪۱۰۰				
				٪۸۷	٪۵۷	٪۱۰۰	٪۹۹			
					٪۵۴	٪۹۵	٪۹۱	٪۱۰۰	٪۸۷	٪۲
شرکت کاشی ستاره	۹۴%	۸۱%	%۹۲	٪۷۶						
		۸۳%	%۹۴	٪۷۹	٪۵۱					
			%۹۴	٪۷۹	٪۵۱	٪۸۰				
				٪۸۸	٪۵۶	٪۹۱	٪۸۸			
					٪۵۶	٪۹۱	٪۸۸	٪۸۸	٪۸۰	٪۲
شرکت کاشی کویر	%۹۲	%۷۹	%۹۰	٪۷۵						
		%۸۱	%۹۲	٪۷۷	٪۵۷					
			%۹۲	٪۷۷	٪۵۷	٪۸۶				
				٪۸۴	٪۶۱	٪۹۴	٪۹۱			
					٪۵۹	٪۹۴	٪۹۰	٪۸۹	٪۸۱	٪۲
شرکت کاشی نگین	%۸۶	%۷۴	%۸۴	٪۷۰						
		%۷۶	%۸۶	٪۷۲	٪۳۹					
			%۸۶	٪۷۲	٪۳۹	٪۶۳				
				٪۷۹	٪۴۲	٪۶۹	٪۶۸			
					٪۴۰	٪۶۴	٪۶۳	٪۷۰	٪۶۷	٪۳
شرکت کاشی احسان	%۸۴	%۷۷	%۸۶	٪۶۹						
		%۷۷	%۸۶	٪۷۰	٪۳۷					
			%۸۶	٪۷۰	٪۳۷	٪۶۴				
				٪۷۶	٪۴۰	٪۶۹	٪۶۷			
					٪۳۸	٪۶۷	٪۶۵	٪۷۰	٪۶۷	٪۳
شرکت کاشی ارچین	%۸۴	%۷۱	%۸۱	٪۶۸						
		%۷۳	%۸۴	٪۶۹	٪۴۲					
			%۸۴	٪۶۹	٪۴۲	٪۷۳				
				٪۷۵	٪۴۴	٪۷۹	٪۷۵			
					٪۴۳	٪۷۸	٪۷۴	٪۸۱	٪۶۹	٪۲

					٪۴۹					
			%۷۵	٪۵۳	٪۴۹	٪۸۰				
				٪۶۱	٪۵۶	٪۹۲	٪۸۸			
					٪۵۶	٪۹۲	٪۸۸	٪۸۹	٪۶۹	٪۲
شرکت کاشی کیمیا سرام	٪۷۲	٪۶۷	٪۷۵	٪۵۳						
		٪۶۷	٪۷۵	٪۵۳						

بررسی شاخص FS نشان می‌دهد تمامی شرکت‌ها به غیراز شرکت باستان از یک پسرفت در مرز تکنولوژی برخوردار بوده‌اند. در این میان تنها شرکت باستان تکنولوژی خود را در یک سطح ثابت حفظ کرده است.

جدول (۵): نتایج مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست در سال‌های ۸۵ و ۸۶

DMUs	$\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$		$\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$		شاخص مالم کوئیست	تجزیه شاخص مالم کوئیست	
	داده۸۷ مرز ۸۶	داده۸۶ مرز ۸۷	داده۸۷ مرز ۸۷	داده۸۶ مرز ۸۶	*M*	*TEC*	*FS*
شرکت کاشی مریم	٪۸۱.۷	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱.۱۱	۱	۱.۱۱
شرکت کاشی صدف	٪۹۴.۴	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱.۰۲	۱	۱.۰۲
شرکت کاشی نارین	٪۹۰.۳	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱.۰۵	۱	۱.۰۵
شرکت کاشی باستان	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱	۱	۱
شرکت کاشی ستاره	٪۷۸.۱	٪۱۰۰	٪۹۱.۴	٪۹۴.۲	۱.۱۳	۱	۱.۱۱
شرکت کاشی کویر	٪۸۲.۴	٪۱۰۰	٪۹۴	٪۹۲.۴	۱.۱	۱.۰۳	۱.۱۱
شرکت کاشی نگین	٪۶۱.۱	٪۹۶.۴	٪۶۹.۲	٪۸۶.۴	۱.۲۶	۰.۹۸	۱.۱۲
شرکت کاشی احسان	٪۵۷.۲	٪۱۰۰	٪۶۷	٪۸۵.۷	۱.۳۲	۱.۲۸	۱.۱۷
شرکت کاشی ارچین	٪۷۱.۳	٪۹۳.۴	٪۷۸.۶	٪۸۳.۵	۱.۱۴	۱.۰۶	۱.۱۱
شرکت کاشی کیمیا سرام	٪۷۸.۱	٪۸۷.۸	٪۹۱.۵	٪۷۵	۱.۰۶	۰.۸۲	۱.۱۷

۶- بحث و نتیجه گیری

در این مقاله، هدف ارزیابی کارایی صنعت کاشی سازی و بررسی روند تغییرات رشد بهره-وری در فاصله سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ بود. برای این منظور ۱۰ شرکت بزرگ کاشی سازی مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله اول، کارایی این شرکت‌ها با استفاده از مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه شد؛ سپس به منظور تمایز بین واحدهای کارای قوی و ضعیف مدل جمعی نیز به کارگرفته شد. در این مرحله، مشخص شد شرکت‌های مریم، صدف، نارین و باستان در دو سال ۸۶ و ۸۷ کارایی ۱۰۰ درصد داشته اند و همگی این واحدها از نوع واحدهای کارای قوی هستند. محاسبه کارایی مقیاس و تعیین نوع بازده نسبت به مقیاس نشان داد تنها ۴ شرکت فوق در شکل بهینه بازده نسبت به مقیاس، یعنی بازده ثابت فعالیت می‌کنند و بقیه شرکت‌ها به غیر از کاشی کویر نیاز به افزایش اندازه بنگاه اقتصادی دارند. در این بین شرکت کویر برای رسیدن به اندازه بهینه باید از میزان سطح منابع خود کم کند (جدول ۳).

در ادامه، شرکت کاشی سازی نارین به عنوان واحد نمونه برگزیده شد، زیرا این واحد به تعداد دفعات بیشتری به عنوان واحد مرجع برای واحدهای ناکارا قرار گرفته بود (شکل ۵). واحد نمونه، واحد کارایی است که در مقایسه با دیگر واحدهای کارا بررسی عملکرد آن از جانب واحدهای ناکارا مفیدتر است (مصطفی، ۲۰۰۷).

در این مقاله برای بررسی روند تغییرات کارایی بین فصل‌ها از روش تحلیل پنجره‌ای استفاده شده است. نتایج این روش بیانگر آن بود که کارایی شرکت‌ها در ابتدا یک روند نزولی را طی کرده به طوری که در بهار سال ۸۷ به پایین‌ترین میزان خود رسیده و در ادامه حرکت رو به بهبودی را نشان می‌دهد(جدول ۴). در ادامه به منظور بررسی روند تغییرات کارایی بین فصول از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست استفاده شده است. تحلیل این شاخص نشان داد تنها شرکت کاشی باستان توانسته بهره‌وری خود را در سال ۸۷ نسبت به سال قبل در سطح معینی حفظ کند و بقیه شرکت‌ها با یک روند کاهشی در بهره‌وری مواجه بوده اند. تجزیه شاخص مالم کوئیست به دو شاخص تغییر کارایی تکنیکی و تغییر مرز تکنولوژی نشان داد تمامی شرکت‌ها به غیر از شرکت باستان از یک پسرفت در مرز تکنولوژی برخوردار بوده اند. یکی از دلایل این امر می‌تواند کهنگی و فرسودگی تجهیزات شرکت‌ها باشد. محاسبات نشان می‌دهد که

این امر در دو شرکت احسان و کیمیا سرام نمود بیشتری داشته است و در نتیجه یک سیاست بهینه برای همه شرکت‌ها به خصوص این دو شرکت می‌تواند تمرکز بیشتر بر نوآوری‌های تکنولوژیک و انتقال تکنولوژی‌های مدرن باشد. در بحث تغییر کارایی تکنیکی نیز شرکت احسان بیشترین نزول در کارایی را نشان می‌دهد؛ در حالی که شرکت‌های کیمیا سرام و کاشی نگین، بهبود کارایی تکنیکی داشته‌اند.

منابع و ماخذ

۱- انجمن تولیدکنندگان کاشی و سرامیک کشور، http://www.irancerps.info (تاریخ دسترسی، تیر ۱۳۸۸).

۲- شهریاری، سلطانعلی. (۱۳۸۲). ارایه یک مدل DEA فازی جهت ارزیابی عملکرد نسبی دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران.

۳- دهقانی، محمد رضا. (۱۳۸۴). «بررسی وضع صنعت کاشی و سرامیک ایران». بررسی های بازرگانی، شماره۱۱، صفحه ۷۹-۷۴.

۴- صادقی‌فروشانی، محمدرضا (۱۳۸۴). «بررسی علل موفقیت ایتالیا در صنعت کاشی و سرامیک». بررسی‌های بازرگانی، شماره۱۱، صفحه ۸۵-۸۴.

۵- علیرضایی، محمدرضا و علمدار، نصرت ا . . . . (۱۳۷۸). «ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های بخاری، گازی و آبی و تعیین کارایی تکنیکی آنها به کمک تحلیل پوششی داده ها». فصلنامهٔ علمی پژوهشی مدیریت وتوسعه، شماره ۲، ص ۶۱ الی ۷۰.

۶- مهرگان، محمد رضا. (۱۳۸۳). مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان ها، چاپ اول، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

7- Banker, R.D, Charnes A., Cooper, W.. (1984). some model for estimation of technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30, 1078-1092.

8- Chandra, P, Cooper, W, Shangling, L., Rahman, A.. (1998). Using DEA to evaluate 29 Canadian textile companies-considering returns to scale. International Journal of Production Economics, 54, pp. 129–141.

9- Charnes, A, Cooper, W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research, 2, pp. 429-

444.
10- Charnes, A, Cooper, W, Golany, B., Seiford, L.M., Stutz, J., (1985), Foundations of data envelopment analysis for Pareto–Koopmans efficient empirical production functions, Journal of Econometrics, 30, PP. 91–107.
11- Chen, Y.A. (2003). Non-radial Malmquist productivity index with an illustrative application to Chinese major industries. International Journal of Production Economics, 83, PP. 27–35.
12- Cook, W. D, Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on, European Journal of Operational Research, 192, PP. 1–17.
13- Donglan,X. (2004). Productivity Growth In The Presence Of Environmental Regulations in Chinese Industry, Data Envelopment Analysis and Performance Management, pp. 137-145.
14- Duzakin, D. (2007). Measuring the performance of manufacturing firms with super slacks based model of data envelopment analysis: An application of 500 major industrial enterprises in Turkey. European Journal of Operational Research, pp. 1412-1432.
15- Fare, R. S, Grosskopf, S. (1994). Production Frontiers. Cambridge University Press, pp. 253-283.
16- Friedman, L, Stern, Z.S. (1998). Combining ranking scales and selecting variables in the DEA context: The case of industrial branches, Computers Operations Research, 25, (9), PP. 781–791.
17- Jahanshahloo,G.R,Khodabakhshi,M.(2004).Suitable combination of inputs for improving outputs in DEA with determining input congestion considering textile industry of China, Applied Mathematics and Computation, 151, PP. 263–273.
18- Kuldip, K. (2004). Efficiency in Indian Manufacturing Sector -An Inter-State Analysis, Data Envelopment Analysis and Performance Management, PP. 137-145.
19- Lavado, R.F. (2004). Benchmarks the efficiency of electric cooperatives in the Philippines, Data Envelopment Analysis and Performance Management, pp. 73-80.
20- Mostafa, M. (2007). Modeling the efficiency of top Arab banks: a DEA–neural network approach, Expert Systems With Applications, xxx, xxx-xxx.
21- Mukherjee, A, Nath, P., Pal, M. (2002). Performance Benchmarking and Strategic Homogeneity of Indian Banks International Journal of Bank Marketing, 20 (3), PP. 122-139.
22- Shammari,M. (1999). Optimization modeling for estimating and enhancing relative efficiency with application to industrial companies, European Journal of Operational Research, 115, PP. 488–496.
23- Paradi, Joseph C, Schaffnit, C. (2004). Commercial branch performance evaluation and results communication in a Canadian bank—a DEA application, European Journal of Operational Research, 156, PP. 719–735.
24- Picazo, A. J, Garcia, T. A. (2005). Why is environmental performance

different between firms. Resource and Energy Economics, 27, pp. 131–142.
25- Ulucan, A. (2000). Şirket performanslarının ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı: Genel ve sektörel bazda değerlendirmeler, H.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, 18, (1), pp. 405–418.
26- Wu, D, Yang, Z., & Liang, L. (2006). Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank. Expert Systems with Applications, 31, PP 108–115.
27- Zhu, J. (2000). Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies. European Journal of Operational Research, 123, PP. 105–124.