

## کاربرد رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی بهره‌وری با استفاده از شاخص مالم کوئیست (مطالعه موردی)

نویسندگان: دکتر علی محقر<sup>۱</sup>، محمود دهقان‌نیری<sup>۲\*</sup> و مهناز حسین‌زاده<sup>۳</sup>

۱. استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات دانشگاه تهران

۳. دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات دانشگاه تهران

\*Email:mdnayeri@ut.ac.ir

### چکیده

در این مقاله با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به تخمین تغییرات بهره‌وری کل و کارایی تکنولوژیک و کارایی عملکردی در صنعت کاشی و سرامیک کشور ایران در طی سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۳ پرداخته شده است، در این راستا مقادیر ورودی مورد نیاز شاخص مالم کوئیست جهت ارزیابی بهره‌وری از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها استخراج شده، به عبارت دیگر مقادیر کارایی DMUها در هر دوره و نسبت به دوره‌های دیگر در طی دوره بررسی به دست آمده و براساس شاخص مالم کوئیست روند بهره‌وری حاصل شده است. به این ترتیب شاخص بهره‌وری مالم کوئیست و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به صورت مکمل به کارگرفته شده‌اند. در ادامه با استفاده از الگوبرداری داخلی در مورد هر شاخص کارایی، شرکت‌های برتر در صنعت در طول دوره زمانی بررسی شده معرفی شده‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی نشانگر اینست که بهره‌وری در صنعت کاشی در طی این فاصله زمانی به طور متوسط با نرخ ۱/۱۶۶ افزایش یافته است، این افزایش بهره‌وری کل ناشی از افزایش کارایی عملکردی با نرخ ۱/۰۱۷ و افزایش در کارایی فناوری با نرخ ۱/۰۸۷ می‌باشد. افزایش در کارایی عملکردی هم از افزایش در هر دو عامل کارایی مدیریت (۱/۰۳۷) و افزایش در کارایی در مقیاس (۱/۰۳۲) ناشی می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** بهره‌وری، تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص مالم کوئیست، الگویابی

موجود در استفاده از شاخص‌های ارزشی کارایی لازم را ندارند. لذا بکارگیری آگاهانه تکنیک‌های مدرن اندازه‌گیری بهره‌وری مانند اندازه‌گیری کارایی ناپارامتریک ((Data Envelopment Analysis (DEA) و یا تکنیک اندازه‌گیری کارایی پارامتریک (Statistical Frontier)

روش‌های سنتی اندازه‌گیری بهره‌وری برای تحلیل در سطح صنعت و مقایسه رقبا به دلیل متفاوت بودن تکنولوژی‌های مورد استفاده و اختلاف نظر در تنظیم شاخص‌ها بین سازمان‌ها و همچنین همگن نبودن ورودی‌ها و خروجی‌هایشان، به خصوص اختلافات

بررسی شاخص مالم کوئیست و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و نحوه ترکیب آن‌ها می‌پردازیم و در بخش یافته‌های تحقیق نتایج حاصل از بررسی صنعت کاشی و سرامیک ایران در دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۳۸۰ پرداخته می‌شود و بخش نهایی مقاله با نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات به پایان می‌رسد.

## ادبیات موضوع

### شاخص بهره‌وری مالم کوئیست

*(Malmquist productivity Index(MPI))*

اولین بار شاخص مالم کوئیست، در سال ۱۹۵۳ توسط شخصی به نام مالم کوئیست به عنوان شاخص کیفیت، به منظور تجزیه و تحلیل مصرف منابع تولید معرفی گردید، سپس از این شاخص برای اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری استفاده شد [۲]. کیوز (Caves) و همکارانش در سال ۱۹۸۲ این شاخص را در ادبیات بهره‌وری معرفی نمودند [۳]. برای اولین بار در زمینه تجربی نیز، نیسچیمیزو (Nischimizu) و پیچ (Page) از یک رویکرد برنامه‌ریزی پارامتریک برای محاسبه این شاخص استفاده نمودند. فار (Fare) و همکارانش در سال ۱۹۹۲ تغییر بهره‌وری را به دو قسمت تغییر در کارایی عملکردی و تغییر کارایی تجزیه و از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی ناپارامتریک برای محاسبه آن استفاده نمودند [۴].

از شاخص مالم کوئیست برای تجزیه و تحلیل تغییرات در کارایی و بهره‌وری در طی زمان استفاده می‌شود. شاخص مالم کوئیست تفکیک بهره‌وری را به دو جزء عمده آن یعنی تحولات تکنولوژیک و تغییرات در کارایی میسر ساخته است. به عبارت دیگر، تحلیل مالم کوئیست به ما اجازه می‌دهد تا جهش در مرز (تغییر عملکردی) را از بهبود در کارایی نسبت به مرز (تغییر کارایی عملکردی) جدا کنیم. این دو جزء از نظر تحلیلی و بنیانی کاملاً متفاوت بوده و از نظر سیاست‌گذاری نیز اقدامات متفاوتی را می‌طلبند. حاصل تغییر عملکردی و تغییر کارایی عملکردی، تغییر عامل بهره‌وری کل است که به وسیله شاخص مالم کوئیست اندازه‌گیری می‌شود.

می‌تواند به محققان در این زمینه کمک نماید. تکنیک‌های مذکور وابستگی محققان به استفاده از قیمت ورودی‌ها و خروجی‌ها در محاسبات را از بین می‌برد، لذا مشکلات تورم زدایی در اندازه‌گیری بهره‌وری با کمک این روش‌ها برطرف می‌شود. به عبارت دیگر در استفاده از این تکنیک‌ها نیازی به استفاده از قیمت در محاسبه ورودی و خروجی‌های واحدهای کسب و کار نمی‌باشد و تبدیل کردن انواع ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک معیار با تخصیص دادن ضرایب متفاوت که یکی از ایرادهای اساسی محاسبه شاخص‌های بهره‌وری در گذشته بوده است، برطرف می‌شود. لذا در استفاده از این تکنیک‌ها نیازی به استفاده از شاخص‌هایی مانند پاشه و فیشر جهت تورم زدایی نمی‌باشد.

تکنیک‌های مدرن اندازه‌گیری بهره‌وری تحلیل صنعت (مقایسه شاخص‌ها با صنعت) و تحلیل روند را به صورت همزمان در محاسبات خود منظور می‌نمایند و این در حالی است که در روش‌های سنتی برای معنا دار شدن نتایج محاسبات باید از تکنیک تحلیل روند و یا مقایسه با صنعت استفاده نمود. این تکنیک‌ها به ما اجازه می‌دهند که بتوانیم به طور همزمان به تحلیل ورودی و خروجی‌های چندگانه برای واحد کسب و کار پردازیم. از میان روش‌های مدرن اندازه‌گیری کارایی تکنیک ریاضی ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های کارآمد ارزیابی کارایی سازمانی می‌باشد. این تکنیک می‌تواند به عنوان یک الگویاب (Benchmarking) بهینه در وضع موجود صنعت، عمل نماید و الگوی مناسب سازمان‌هایی که دارای کارایی کمتر می‌باشند را از بین سازمان‌های کارا تر موجود در سطح صنعت، معرفی نماید [۱].

با توجه به مزایای اشاره شده در مورد روش‌های نوین ارزیابی بهره‌وری، در این تحقیق با استفاده از مدل ترکیبی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به تحلیل بهره‌وری صنعت کاشی پرداخته شده است. در ادامه در بخش ادبیات موضوع به

را قادر می‌سازد تا خروجی را با استفاده از مقدار کمتر ورودی مورد نیاز در تکنولوژی  $V^t$  تولید کنند. فرض کنید شرکت فرضی ما ترکیبی از ورودی و خروجی  $(x_i^t, y_i^t)$  در دوره  $t$  و  $(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})$  در دوره  $t+1$  داشته باشد. دو تغییر در طی دوره  $t$  و  $t+1$  اتفاق افتاده است؛ اول، به دلیل پیشرفت تکنولوژی، شرکت خروجی بیشتری را به ازاء هر ورودی در دوره  $t+1$  نسبت به دوره  $t$  تولید کرده است. در واقع ترکیب ورودی-خروجی‌اش در دوره  $t+1$  استفاده از تکنولوژی دوره  $t$  را غیرموجه می‌سازد. دوم، شرکت تغییر کارایی عملکردی را نیز تجربه کرده است، چرا که نقطه عملیاتی آن در دوره  $t+1$  به مرز نزدیک‌تر است تا دوره  $t$  [6].

تحلیل شاخص مالم کوئیست بر مبنای به کارگیری توابع مسافت است. در تعریف شاخص مالم کوئیست، تابع مسافت با در نظر گرفتن ترکیب زمان تعدیل می‌شود. توابع مسافت را با توجه به دو دوره  $t$  و  $t+1$  متفاوت به صورت  $D^t(x_i^t, y_i^t)$  و  $D^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})$  تعریف می‌کنیم که در آن  $D^t(D^{t+1})$  تابع مسافت نسبت به مرز در زمان  $t(t+1)$  و  $x^t, y^t(x^{t+1}, y^{t+1})$  بردارهای ورودی و خروجی در زمان  $t(t+1)$  هستند.

تابع  $D^{t+1}(x_i^t, y_i^t)$  دسته ورودی-خروجی در دوره  $t$  را نسبت به تکنولوژی دوره  $t+1$  ارزیابی می‌کند. در حالی که تابع  $D^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})$  دسته ورودی-خروجی مشاهده شده در دوره  $t+1$  را نسبت به تکنولوژی دوره  $t$  ارزیابی می‌کند. توابع مسافت برای یک بردار ورودی-خروجی یک سال معین نسبت به مرز در همان سال با  $D^t(x_i^t, y_i^t)$  و  $D^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})$  برای سال های  $t$  و  $t+1$  به ترتیب نشان داده می‌شوند [7].

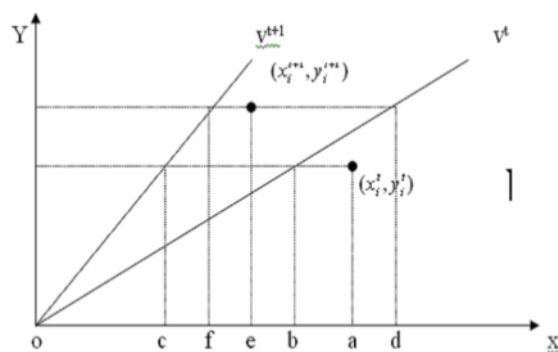
با توجه به شکل داریم:

$$D^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) = \frac{oe}{od}, \quad D^{t+1}(x_i^t, y_i^t) = \frac{oa}{oc}$$

$$D^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) = \frac{of}{of}, \quad D^t(x_i^t, y_i^t) = \frac{oa}{ob}$$

شاخص مالم کوئیست می‌تواند نسبت به هر تکنولوژی در دوره  $t$  یا  $t+1$  به صورت زیر تعریف شود:

از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست می‌توان اطلاعات بسیاری را استخراج نمود. شاخص بهره‌وری مالم کوئیست نه تنها به بررسی الگوی تغییر بهره‌وری می‌پردازد و ارائه‌دهنده برداشت‌های (Interpretation) جدید در کنار استنتاجات مدیریتی هر جزئی از مالم کوئیست می‌باشد، بلکه به ارائه جهت‌گیری‌های استراتژیک هر واحد تصمیم‌گیرنده در یک دوره زمانی می‌پردازد. با استفاده از این شاخص می‌توان به ارزیابی جهت‌گیری‌های استراتژیک سازمان در دوره‌های گذشته پرداخت و برای دوره‌های آینده جهت صحیح را انتخاب نمود [3]. در آخر لازم به ذکر می‌باشد که استفاده از شاخص مالم کوئیست در ارزیابی بهره‌وری واحدهای کسب و کار در زمان که بازدهی ثابت نسبت به مقیاس دارای کارایی می‌باشد و زمانی که بازدهی نسبت به مقیاس متغیر (Variable Return on Scale (VRS)) باشد استفاده از این شاخص نمی‌تواند اندازه‌گیری مناسبی از بهره‌وری را به ما ارائه دهد [5]. در این زمینه مقالات متعددی ارائه شده است که به رفع این ضعف محاسباتی می‌پردازند و شاخص بهره‌وری مالم کوئیست عمومی (General Malmquist Productivity Index (GMPI)) که برای بازدهی به مقیاس متغیر مناسب است را ارائه می‌دهند، که از حوصله این مقاله خارج می‌باشد. برای توضیح مفهوم شاخص مالم کوئیست یک مورد با یک ورودی و یک خروجی ارائه می‌گردد (نمودار ۱).



نمودار ۱: تغییر بهره‌وری و کارایی

خط  $V^t$  در نمودار ۱ نشان‌دهنده مرز تولید در دوره  $t$  است  $V^{t+1}$  این مرز را در دوره  $t+1$  نشان می‌دهد. تکنولوژی بهبود یافته ( $V^{t+1}$ )، شرکت‌های کارا

= تغییرات بهره‌وری کل  
تغییر در کارایی مقیاس × تغییر در کارایی مدیریت × تغییر تکنولوژیکی

مزیت استفاده از شاخص کارایی این است که شاخص ویژه‌ای، آمادگی شرکت برای تغییر عملکردی را فراهم می‌سازد. این شاخص می‌تواند هم با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی و هم تکنیک‌های اقتصادسنجی محاسبه گردد. مزیت شاخص بهره‌وری حاصل از روش مالم کوئیست این است که این شاخص رشد بهره‌وری را از طریق مقایسه نسبت خروجی به ورودی شرکت برای حرکت‌های مرز بهترین عملکرد محاسبه می‌کند [۸].

در این مقاله با توجه به پیچیدگی محاسبه توابع مسافت برای به‌دست آوردن شاخص بهره‌وری مالم کوئیست، از آنجا که توابع مسافت در واقع به نحوی به اندازه‌گیری کارایی دوره‌های مختلف با توجه به تکنولوژی‌های هر دوره می‌پردازند، این میزان کارایی را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌دست آورده ایم. در ادامه نحوه استخراج شاخص مالم کوئیست با توجه به داده‌های حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها را بیان می‌نماییم.

### روش تحلیل پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها یک مرز ناپارامتریک کارا را تعریف نموده و سپس کارایی هر واحد را به نسبت این مرز محاسبه می‌کند [۹]. چارلز (Charnes) ثابت کرد که در صورتی که بیش از یک داده و یک ستاده وجود داشته باشد کارایی هر بنگاه را با حل مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر می‌توان به‌دست آورد:

$$\begin{aligned} & \text{Min } E_{lk} \\ & \text{s.t.} \\ & y_{rk} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_{kj} x_{ij}, \quad r=1, \dots, s, \\ & E_{lk} x_{ik} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_{kj} x_{ij}, \quad i=1, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{kj} = 1, \\ & \lambda \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \end{aligned}$$

$$M^{t+1} = \frac{D^{t+1}(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \quad \text{یا} \quad M^t = \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}$$

در اینجا:

$M^t$  رشد بهره‌وری بین دوره های  $t$  و  $t+1$  را با استفاده از تکنولوژی دوره  $t$  به عنوان تکنولوژی مرجع می‌سنجد و  $M^{t+1}$  این مقدار را با بکارگیری تکنولوژی دوره  $t+1$  به عنوان تکنولوژی مرجع اندازه‌گیری می‌کند. جهت اجتناب از انتخاب اختیاری تکنولوژی مرجع، شاخص مالم کوئیست بهره‌وری کل عوامل را به صورت میانگین هندسی  $M^t$  و  $M^{t+1}$  تعریف می‌کند [۷].

$$M_0 = [M^t M^{t+1}]^{1/2} = \left[ \frac{D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{D_0^t(x_0^t, y_0^t) D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right]^{1/2}$$

فارل و همکارانش بیان کردند که چنانچه  $M_0 > 1$  باشد، پیشرفت و یا افزایش بهره‌وری را نشان می‌دهد،  $M_0 < 1$  نشان‌دهنده کاهش بهره‌وری و  $M_0 = 1$  عدم تغییر بهره‌وری در طی دو دوره را منعکس می‌سازد. بر طبق نظر فارل و همکارانش شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به دو جزء تقسیم می‌گردد:

$$M_0 = \frac{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \left[ \frac{D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \frac{D_0^t(x_0^t, y_0^t)}{D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \right]^{1/2}$$

اولین جزء  $TEC_0$  (Technical Efficiency Change)، تغییر در کارایی عملکردی را اندازه می‌گیرد و جزء دوم،  $FS_0$  (Frontier Technology Shift) جهش (انتقال) در مرز تکنولوژی میان دو دوره  $t$  و  $t+1$  را اندازه‌گیری می‌کند. مقدار  $FS_0$  بزرگتر از یک نشان‌دهنده جهش مثبت یا پیشرفت عملکردی و مقدار  $FS_0$  کوچکتر از یک جهش منفی یا عقب رفت عملکردی را نشان می‌دهد و  $FS_0$  مساوی یک، عدم جهش در مرز تکنولوژی را منعکس می‌سازد [۳].

با توجه به تجزیه تغییرات بهره‌وری به دو قسمت تغییرات در کارایی عملکردی و تغییرات فناوری و نیز تجزیه تغییرات کارایی عملکردی به دو جزء تغییر در کارایی مقیاس و تغییر در کارایی مدیریت، تغییرات بهره‌وری کل را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$M_i(1,2) = \frac{E_{i2}}{E_{i1}}, \quad i, 1, 2 \in T,$$

به طوری که  $i$  مرز تکنولوژی،  $E_{i1}$  مقدار کارایی ورودی‌ها (یا خروجی‌ها) حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای یک واحد در دوره زمانی ۱ با توجه به تکنولوژی دوره  $i$  و  $E_{i2}$  کارایی ورودی‌ها (یا خروجی‌ها) برای همان واحد در دوره زمانی ۲ با تکنولوژی  $i$  می‌باشد. کارایی به دست آمده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بین ۰ و ۱ قرار دارد، در نتیجه حاصل کسر شاخص مالم کوئیست ممکن است  $M_i(1,2) = 1$ ،  $M_i(1,2) > 1$  یا  $M_i(1,2) < 1$  باشد که با مفروضات قبلی اشاره شده در مورد شاخص مالم کوئیست مطابقت دارد.

همچنین شاخص‌های کارایی عملکردی و کارایی فناوری را که قبلاً ذکر شد، با استفاده از داده‌های به دست آمده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$M_i = TEC.FS_i, \quad i = 1, 2$$

$$FS_i = \frac{E_{1j}}{E_{2j}}, \quad TEC = \frac{E_{22}}{E_{11}}, \quad i, j = 1, 2, i \neq j$$

رشد بهره‌وری یک واحد کسب و کار را می‌توان از طریق شاخص مالم کوئیست به عنوان بهبود کارایی نسبت به مرز کارایی صنعت (Frontier) سنجید. می‌توان شاخص‌های مالم کوئیست را برای چند سال متوالی به صورت زنجیری در مورد یک واحد کسب و کار بررسی نموده و رشد کلی بهره‌وری برای هر واحد کسب و کار را با شاخص‌های رشد بهره‌وری مرزی و شاخص‌های رشد بهره‌وری دستیابی به مرز محاسبه نمود [۶].

با توجه به موارد ذکر شده در فوق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شاخص مالم کوئیست در ترکیب با روش تحلیل پوششی داده‌ها، در ارزیابی بهره‌وری سازمان‌ها بسیار مناسب‌تر و ساده‌تر از روش‌های سنتی محاسبه بهره‌وری می‌باشد. همچنین استفاده از این شاخص، مشکلات موجود در تحلیل مقادیر به دست آمده از شاخص‌های سنتی ارزیابی بهره‌وری را که ناشی از اختلاف سلیقه ارزیابان در سازمان‌های مختلف بوده است را از بین می‌برد. به عبارت دیگر استفاده از این

به طوریکه  $E_{1k}$  مقدار کارایی برای واحد  $k$  در بین  $n$  واحد می‌باشد و  $y_{rk}$  خروجی نوع  $r$  برای واحد  $k$ ،  $x_{ij}$  ورودی نوع  $i$  برای واحد  $k$ ،  $\lambda_{ij}$  وزن  $j$  ورودی و خروجی واحد که نقاط مرجع  $K$  واحد را تعیین می‌نماید،  $\lambda_k$  بردار اوزان غیر منفی و  $\lambda_{kj}$  که نقاط مرجع را تعیین می‌نماید [۶]. از روش تحلیل پوششی داده‌ها در تحقیقات بسیار متنوعی استفاده شده است، به عنوان مثال تون و ساهو (Biresk Sahoo) ارزیابی کارایی و بازده به مقیاس شرکت‌های بیمه عمر در هند را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بررسی نمودند [۱۰]. همچنین وو (Desheng Wu et al.) و سایرین به تجزیه و تحلیل همزمان عملکرد تولید و سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه عمر و سلامتی با استفاده از دسته‌بندی ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها به دو دسته مجزا برای عملکرد تولید و سرمایه‌گذاری در کانادا پرداختند [۱۱]. تیلور (Taylor) و هریس (Harris) کارایی نسبی ۱۰ دانشگاه دولتی جنوب آفریقا طی سال‌های ۹۴ تا ۹۷ را به وسیله تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی کردند [۱۲]. تاکامورا و تون (۲۰۰۳) از ترکیب دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای تصمیم در مورد انتقال پایتخت ژاپن به خارج از توکیو استفاده کردند [۱۳]. فنگ (YJ.Feng) و سایرین، از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری کارایی فعالیت‌های تحقیق و توسعه مدیریت در ۲۹ دانشگاه در چین استفاده نمودند [۱۴].

### استخراج شاخص مالم کوئیست از داده‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها

شاخص بهره‌وری مالم کوئیست در واقع نسبت مقدار کارایی یک واحد تولیدی در دو دوره زمانی مختلف یا بین دو مشاهده مختلف از یک دوره زمانی می‌باشد. شاخص مالم کوئیست را برای هر واحد بین دو دوره ۱ و ۲ با در نظر گرفتن تکنولوژی دوره  $i$  به عنوان مرجع  $M_i(1,2)$  با استفاده از مقادیر به دست آمده از حل مسئله برنامه‌ریزی خطی ذکر شده می‌توانیم به دست آوریم [۶].

کارایی نمایندگی‌های سرویس و بازاریابی و سائل نقلیه نروژ را در طی سال‌های ۱۹۸۹-۱۹۹۱ با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیقات وی نشان داد که عامل اصلی افزایش بهره‌وری در طی این سال‌ها عامل تغییرات کارایی فناوری بوده است [۶].

همچنین اودک (۲۰۰۶) از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست برای تعیین میزان دستیابی به هدف واحدهای عملیاتی استفاده نمود. نتایج تحقیق وی افزایشی به میزان ۷٪ در بهره‌وری کل را نشان داد که قسمت عمده این تغییرات مربوط به افزایش در کارایی فناوری بود [۲].

راماناتان (Ramakrishnan Ramanathan) (۲۰۰۵) عملکرد اقتصادی کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا را با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مورد مقایسه قرار داده و با استفاده از این روش تغییر سطح بهره‌وری این کشورها را در دو سال ۱۹۹۸-۱۹۹۹ تعیین نمود. طبق نتایج تحقیق وی از میان ۱۸ کشور مورد بررسی، کشورهای خاورمیانه کارایی بالاتری داشتند. تجزیه و تحلیل شاخص مالم کوئیست نشان داد که کشورهای خاورمیانه در سال ۱۹۹۹ نسبت به ۱۹۹۸ مقادیر بالاتری از شاخص‌های موردنظر را کسب نمودند. بیشتر افزایش بهره‌وری در میان این کشورها مرهون افزایش کارایی فناوری بوده است تا کارایی عملکردی [۱۶].

استاش (Antonio Estache) و سایرین (۲۰۰۴) منابع کسب کارایی در اصلاح ساختاری بنادر در مکزیک را با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مورد بررسی قرار دادند. بنادر مکزیک تا سال ۱۹۹۳ توسط بخش دولتی به صورت متمرکز اداره می‌شدند و از این سال به بعد به منظور افزایش کارایی، اداره بنادر به بخش خصوصی واگذار گردید. ایشان با استفاده از شاخص مالم کوئیست تغییرات بهره‌وری ۱۱ بندر اصلی مکزیک را در طی سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۹۹ محاسبه نمودند و به این نتیجه رسیدند که بهره‌وری کل در طی این سال‌ها به طور متوسط با نرخ ۴/۱ درصد افزایش یافته

شاخص در تحلیل بهره‌وری صنعت بسیار مفید می‌باشد ضمن آنکه سازمان‌های درگیر در آن صنعت قابلیت مقایسه خود با بهترین‌های آن صنعت به عبارت دیگر قابلیت الگویابی را دارا می‌باشند. ذکر این نکته ضروری می‌نماید که استفاده از این شاخص، بهره‌وری را در یک صنعت بررسی می‌نماید ولی صرفاً میزان محاسبه شده حد بالای بهره‌وری امکان پذیر نمی‌باشد، بلکه در حقیقت این شاخص به محاسبه وضعیت موجود و تکنولوژی موجود می‌پردازد، به عبارت دیگر زمانی که در مرز کارایی قرار دارد نیز می‌باید جهت بهبود خود تلاش نماید، به عنوان مثال ممکن است که کل تکنولوژی موجود در آن صنعت قدیمی باشد و امکان استفاده از تکنولوژی یا نحوه مدیریت با کارایی بیشتری وجود داشته باشد.

#### پیشینه تحقیق

پس از بررسی‌های انجام شده، مشخص گردید که در زمینه بررسی تغییرات بهره‌وری در صنعت کاشی و سرامیک علی‌رغم گستردگی و نقش فعال این صنعت در کشور مطالعه‌ای صورت نگرفته است. لذا در ادامه به بررسی تحقیقات صورت گرفته در ارتباط با کاربرد شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به طور خلاصه می‌پردازیم.

باروس (Barros Pestana) و کارلوس (Carlos Alves) (۲۰۰۴) رشد بهره‌وری در فروشگاه‌های زنجیره‌ای پرتغال را با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این تحقیق بهره‌وری کل را به دو بخش کارایی عملکردی و کارایی فناوری تقسیم کرده و شرکت‌های مورد بررسی را از نظر سطح بهره‌وری الگویابی (benchmarking) نمودند، تا آنچه که باعث بهبود عملکرد سازمان‌ها در طول فرآیند بوده‌اند را تعیین کنند. ایشان در این مقاله فروشگاه‌ها را در طول دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۹۲ براساس شاخص بهره‌وری کل رتبه‌بندی نمودند و رشد و تنزل بهره‌وری شرکت‌ها را تعیین نمودند [۱۵].

اودک (James Odeck) (۲۰۰۰) رشد بهره‌وری و

است [۱۷].

گوزالز (Eduardo Gonzalez) و گاسکون (Fernando Gascon) (۲۰۰۳) منابع رشد بهره‌وری در صنعت داروسازی اسپانیا را در فاصله سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۴ مورد بررسی قرار دادند. در صنعت داروسازی در اسپانیا در طول دهه ۱۹۹۰ تحولات بسیاری صورت گرفته است. در این مقاله وضعیت تکامل تدریجی بهره‌وری و کارایی ۸۰ شرکت موجود در این صنعت در طی سال‌های مذکور با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مورد محاسبه قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تغییرات کارایی مدیریتی و کارایی فناوری بیشترین علل تغییرات بهره‌وری کل بودند همچنین نتایج در ارتباط با تغییرات کارایی مقیاس، ضعف نشان می‌دادند [۱۸].

جونز (Jill Johnes) (۲۰۰۶) تغییرات کارایی و بهره‌وری ۱۱۳ مؤسسه تحصیلات تکمیلی انگلیس را طی سال‌های ۲۰۰۲/۰۳-۱۹۹۶/۹۷ را با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق یک افزایش متوسط سالانه بهره‌وری با نرخ ۱/۵ درصد را در شرکت‌های مورد بررسی در طول دوره مزبور نشان داد. در بررسی بیشتر از مؤلفه‌های شاخص بهره‌وری، ۲/۳٪ افزایش در کارایی فناوری و ۰/۰۸٪ کاهش در کارایی عملکردی حاصل شد [۱۹].

چن (Chang - Jen Chen) و سایرین (۲۰۰۵)، ۶ صنعت تکنولوژی برتر (High-Tech) در پارک‌های فن‌آوری تایوان را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها مقایسه نموده و با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست افزایش بالقوه بهره‌وری در این شرکت‌ها را محاسبه نمودند [۲۰].

کوالی (Tim J. Coelli) و براسادا (D.S. Prasad Rao) (۲۰۰۳) روند افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی در ۹۳ کشور در طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۰ را با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به دست آوردند [۲۱]. همچنین در این زمینه می‌توان به توسعه بهره‌وری در بیمارستان‌های سوئد [۲۲] و ارزیابی بهره‌وری و میزان

رضایت مشتریان از طریق مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها در داروخانه‌های سوئد [۲۳]، تأثیر قانون‌زدایی بر روی بانک‌های اسپانیایی [۲۴]، تغییرات بهره‌وری کشاورزی در ۱۸ کشور در حال توسعه [۲۵]، و تحلیل بهره‌وری ارتباطات از راه دور، به‌مراه بررسی میزان دستیابی به تکنولوژی و نوآوری در ۷۴ کشور [۲۶] اشاره نمود.

### روش‌شناسی تحقیق

در این تحقیق به بررسی وضعیت بهره‌وری صنعت کاشی و سرامیک ایران در طی چهار دوره مالی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ با استفاده از ترکیب شاخص بهره‌وری مالم کوئیست و روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شده است. همان‌طور که اشاره شد از این شاخص برای سنجش بهره‌وری کل استفاده می‌شود. بهره‌وری کل در این شاخص را می‌توان به دو جزء اساسی کارایی عملکردی و بهره‌وری فناوری بخش نمود. کارایی عملکردی به میزان فاصله شرکت از مرز کارایی موجود در صنعت در هر دوره زمانی می‌پردازد و بهره‌وری تکنولوژیک به تغییرات مرز کارایی در صنعت در دوره‌های مالی می‌پردازد، در نتیجه در هر دوره شرکت‌ها، یکبار با مرز کارایی صنعت در آن دوره مقایسه می‌شوند و میزان سطح دستیابی به مرز کارایی (Frontier catch up) مورد توجه قرار می‌گیرد و یکبار وضعیت مرز کارایی دوره نسبت به مرز کارایی صنعت در دوره‌های قبل و بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای ترسیم مرز کارایی از داده‌های تلفیقی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ صنعت کاشی استفاده شده است.

صنعت کاشی در این تحقیق محدود به مجموعه شرکت‌های فعال در صنعت کاشی و سرامیک در بورس اوراق بهادار می‌باشد. اطلاعات ورودی و خروجی‌های منتخب برای شرکت‌های مذکور جهت بررسی بهره‌وری با استفاده از شاخص مالم کوئیست در این تحقیق، از طریق بانک اطلاعاتی جامع شرکت‌ها موجود در بورس اوراق بهادار استخراج شده است. این اطلاعات شامل صورت‌های مالی سود و زیان و ترازنامه و شاخص‌های

به ورودی دوره  $t$ ،  $2$ ) نسبت خروجی دوره  $t+1$  به ورودی دوره  $t+1$ ،  $3$ ) نسبت خروجی دوره  $t$  به ورودی دوره  $t+1$  و  $4$ ) نسبت خروجی دوره  $t+1$  به ورودی دوره  $t$ ، که این محاسبات با استفاده از نرم افزار دیپ (DEAP v.2) صورت گرفته است [۲۶]. سپس مقادیر به دست آمده به ترتیب صحیح در فرمول شاخص بهره‌وری مالم کوئیست قرار داده شده و مقدار شاخص محاسبه شده است که این نتایج در بخش بعدی ارائه شده‌اند. از آنجا که در شاخص مالم کوئیست از میانگین هندسی ورودی‌ها و خروجی‌ها در روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است، بنابراین در محاسبه شاخص مالم کوئیست، خروجی محور یا ورودی محور بودن مدل تأثیری در نتایج حاصل نخواهد داشت. برای روشن‌تر شدن موضوع نحوه محاسبه بهره‌وری کل شرکت اصفهان در سال ۸۱-۱۳۸۰ را بررسی می‌نماییم. به این ترتیب که مقادیر ورودی و خروجی شرکت‌ها در سال ۱۳۸۰ را به همراه میانگین هندسی مقادیر ورودی و

مالی آن‌ها می‌باشد. ورودی و خروجی‌های انتخاب شده در این تحقیق پس از بررسی تحقیقات مشابه پیشین، شامل سود ویژه پیش از کسر مالیات به عنوان تنها خروجی و سرمایه صاحبان سهام و هزینه بهای تمام شده محصولات و دارایی‌های شرکت (مجموع دارای ثابت و در گردش) به عنوان ورودی‌های مدل مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

اطلاعات شرکت‌های مورد بررسی در این تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است. تاریخ ورود جهت مقایسه نسبی مدت زمان فعالیت شرکت‌ها در صنعت و سرمایه برای مقایسه حجم نسبی فعالیت شرکت در صنعت ارائه شده است.

پس از شناسایی متغیرهای ورودی و خروجی در هر یک از سال‌های مورد بررسی، مدل برنامه‌ریزی خطی به منظور برآورد مقادیر کارایی برای هر دوره با توجه به نیازمندی‌های محاسبه شاخص مالم کوئیست طراحی شده و موارد زیر محاسبه شده‌اند: ۱) نسبت خروجی دوره  $t$

جدول ۱: ورودی‌ها و خروجی‌های DEA در این تحقیق

نوع متغیر	متغیر	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار
ورودی	سرمایه صاحبان سهام	۲۶۴۱۰۱,۵	۹۲۲۷۵,۹۵	۴۸۳۹۰,۲۹۴
ورودی	بهای تمام شده	۱۷۸۳۶۳	۹۳۵۵۰,۴۵	۴۲۴۲۴,۱۵۵
ورودی	دارایی‌ها	۶۹۷۰۹۹	۲۵۹۶۰,۴	۱۲۹۸۰۶,۶
خروجی	سود ویژه	۱۳۲۰۴۰	۵۴۰۵۰,۸۰۶	۳۶۱۱۰,۳۴۱

جدول ۲: شرکت‌های کاشی و سرامیک مورد بررسی

ردیف	نام شرکت	تاریخ ورود	سرمایه
۱	کاشی اصفهان	۱۳۷۰/۱/۱	۵۰۰۰۰۰۰۰
۲	تولیدی گرانت بهرام	۱۳۸۳/۲/۱۴	۷۵۰۰۰۰۰۰
۳	تولیدی کاشی تکسرام	۱۳۷۹/۱۱/۱۱	۵۰۰۰۰۰۰۰
۴	کاشی سعدی	۱۳۷۰/۱/۱	۵۱۰۰۰۰۰۰
۵	کاشی نیلو	۱۳۷۰/۱/۱	۱۰۴۳۱۷۶۹۸
۶	کاشی الوند	۱۳۷۰/۱/۱	۲۵۰۰۰۰۰۰۰
۷	کاشی پارس	۱۳۷۰/۱/۱	۸۷۷۵۰۰۰۰
۸	کاشی حافظ	۱۳۷۰/۱/۱	۶۰۰۰۰۰۰۰
۹	صنایع کاشی و سرامیک سینا	۱۳۷۸/۹/۶	۷۵۰۰۰۰۰۰



جدول ۳: مقادیر ورودی و خروجی و کارایی شرکت‌ها در سال ۱۳۸۰ (ارقام به ۱۰۰۰ ریال)

نام شرکت	سود ویژه (خ)	سرمایه (و)	بهای تمام شده (و)	دارایی (و)	کارایی × ۱۰۰
کاشی اصفهان	۹۶۶۱۰,۹	۱۳۷۲۷۳,۵	۱۵۰۷۰۶,۹	۵۶۹۴۴۵	۶۱,۰۶
کاشی اصفهان (میانگین هندسی ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱)	۷۶۹۱۷	۱۴۴۷۷۵,۷	۱۳۴۱۲۸	۲۴۰۵۲۳,۱	۸۰,۴۲
تولیدی گرانت بهسرام	۱۸۱۱۱	۴۹۹۱۲	۵۱۰۰۱	۲۰۴۹۶۲	۳۱,۴۸
تولیدی کاشی تکسرام	۱۲۴۳۱	۸۶۶۸۹,۵	۴۱۰۳۴	۱۲۹۰۲۵	۲۴,۴۹
کاشی سعدی	۲۵۵۷۸	۴۲۲۱۰,۱	۹۱۹۴۳	۹۵۸۷۳,۲	۶۷,۸۱
کاشی نیلو	۴۴۸۸۱	۵۳۸۸۷,۳	۵۵۰۹۵	۱۴۴۸۴۹	۷۸,۷۵
کاشی الوند	۱۰۵۱۹۶	۹۱۲۷۳	۸۴۲۶۰	۲۶۷۳۶۲	۱۰۰
کاشی پارس	۱۲۴۳۱	۲۷۹۹۳,۵	۴۱۰۳۴	۷۲۲۲۹	۴۳,۷۴
کاشی حافظ	۴۵۵۳۲	۴۰۲۴۳	۹۷۹۶۳	۱۳۱۰۷۹	۹۸,۱۷
صنایع کاشی و سرامیک سینا	۵۹۹۶۵,۲	۸۰۴۵۷,۳	۷۴۹۰۹,۱	۱۶۵۸۳۱,۹	۹۱,۹

بهره‌وری این صنعت به طور کلی افزایش یافته است. این افزایش بهره‌وری کل هم ناشی از افزایش کارایی عملکردی است که برابر ۱۰/۱۷ می‌باشد و هم افزایش در کارایی فناوری است که برابر با ۱/۰۸۷ است. افزایش در کارایی عملکردی از افزایش هر دو عامل کارایی مدیریت (۱/۰۳۷) و کارایی مقیاس (۱/۰۳۲) ناشی شده است. بررسی دقیق‌تر نتایج، وضعیت تغییرات بهره‌وری را در هر سال نسبت به سال قبل به صورت زیر ارائه می‌دهد:

در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۸۱ بهره‌وری کل در صنعت کاشی افزایش یافته است (۱/۰۷۷) که این افزایش از افزایش در کارایی عملکردی ناشی می‌شود (۱/۰۸۱) و کارایی فناوری در فاصله این دو سال کاهش یافته است (۰/۹۹۶). افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در هر دو عامل کارایی مدیریتی (۱/۰۱۵) و کارایی در مقیاس (۱/۰۶۵) می‌باشد.

در دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۸۲ بهره‌وری کل در صنعت کاشی افزایش یافته است (۱/۲۳۶) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۱۳۵) و کارایی فناوری (۱/۰۸۹) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در هر دو عامل کارایی مدیریتی (۱/۰۹۳) و کارایی در مقیاس (۱/۰۳۸) می‌باشد.

خروجی شرکت اصفهان در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ را در محاسبه کارایی سال ۱۳۸۰ لحاظ می‌نماییم و سپس براساس مقادیر کارایی به دست آمده به مانند جدول ۳ میزان رشد بهره‌وری کل در طی سال ۱۳۸۱ نسبت به ۱۳۸۰ را محاسبه می‌نماییم.

با در نظر گرفتن مقادیر کارایی شرکت اصفهان در سال ۱۳۸۰ (۶۱,۰۶) و مقدار کارایی آن (۸۰,۷۲) با توجه به مرز ۱۳۸۰ با ورودی و خروجی ترکیبی از ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ (میانگین هندسی) میزان تغییرات بهره‌وری این شرکت در طی این سال ۱,۳۲ می‌باشد. بدین ترتیب مقدار بهره‌وری شرکت‌ها در طی این ۴ دوره مالی بررسی شده است که در بخش یافته‌های تحقیق به آن می‌پردازیم.

### یافته‌های تحقیق

#### تحلیل بهره‌وری صنعت

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل مالم کوئست تغییرات بهره‌وری کل به صورت زیر مورد تحلیل قرار می‌گیرند:

به طور کلی بهره‌وری در صنعت کاشی ایران در فاصله زمانی مورد بررسی (۱۳۸۰-۱۳۸۳) به طور متوسط با نرخ ۱/۱۶۶ افزایش یافته است. بزرگتر از یک بودن متوسط نرخ بهره‌وری این صنعت، نشانگر این است که

این صنعت در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۸۳ برابر با ۱,۱۶۶ می‌باشد.

#### تحلیل بهره‌وری شرکت‌ها

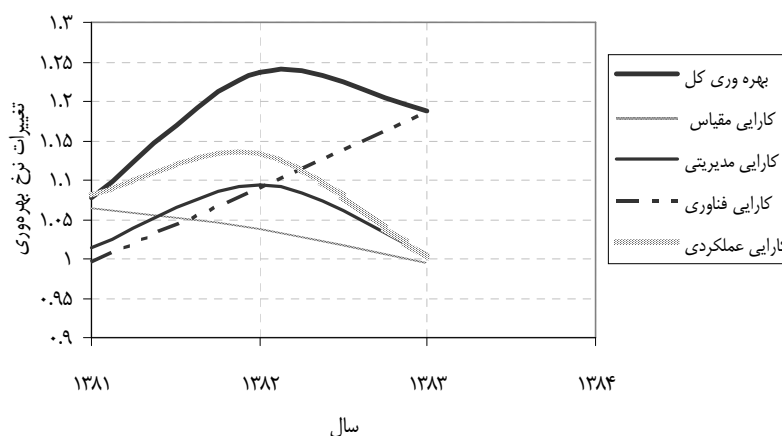
در نمودار ۳ وضعیت شرکت‌های این صنعت را به طور اجمالی از لحاظ بهره‌وری کل و کارایی عملکردی و کارایی تکنولوژیک و کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس با یکدیگر مقایسه نمود.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود از لحاظ کارایی عملکردی و کارایی تکنولوژیک و کارایی مدیریتی، شرکت کاشی سعدی و از لحاظ کارایی مقیاس، شرکت کاشی پارس و از لحاظ بهره‌وری کل، شرکت کاشی سعدی به عنوان الگو انتخاب می‌شوند و شرکت کاشی تکسرام به طور کلی دارای ضعیف‌ترین عملکرد در طی دوره زمانی ۴ ساله ارزیابی می‌شود. در ادامه به بررسی وضعیت تغییرات بهره‌وری شرکت‌های موجود در صنعت به طور متوسط از سال ۱۳۸۰-۱۳۸۳ با جزئیات بیشتر پرداخته شده است:

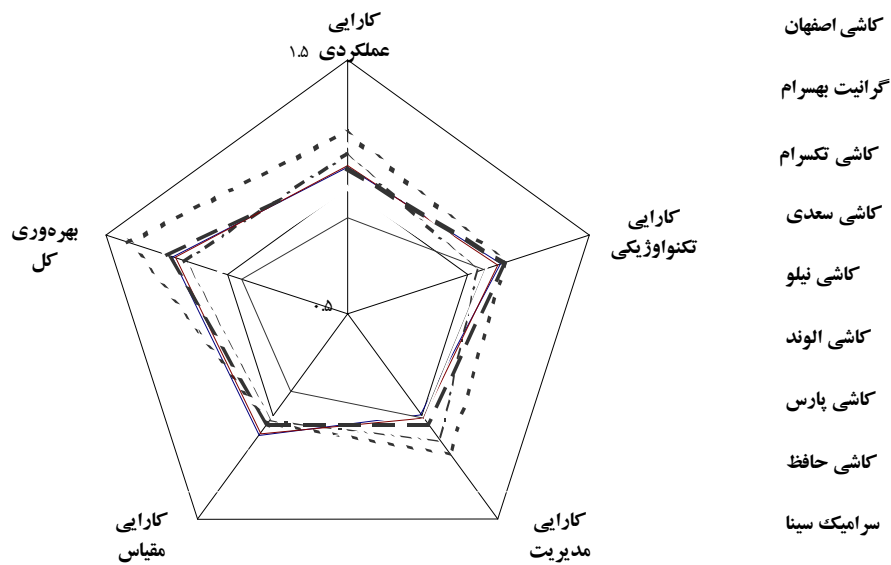
بهره‌وری کل شرکت کاشی اصفهان در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۲۲۴) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۰۸۰) و کارایی فناوری (۱/۱۳۳) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در عامل کارایی در مقیاس (۱/۰۹۲) می‌باشد و کارایی مدیریت (۰/۹۸۹) کاهش یافته است.

در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۸۳ بهره‌وری کل در صنعت کاشی افزایش یافته است (۱/۱۸۷) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۰۰۲) و کارایی فناوری (۱/۱۸۵) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در عامل کارایی مدیریتی (۱/۰۰۷) می‌باشد و کارایی در مقیاس (۰/۹۹۵) کاهش یافته است.

در نمودار ۲ وضعیت روند نرخ بهره‌وری صنعت کاشی در طی دوره زمانی تحقیق ترسیم شده است. نرخ بهره‌وری کل این صنعت از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۲ دارای روند صعودی بوده و از سال ۱۳۸۲ تا پایان سال ۱۳۸۳ روند نزولی داشته است. به عبارت دیگر با وجود افزایش بهره‌وری در سال ۸۳ نسبت به سال ۸۲، نرخ این افزایش نسبت به افزایش بهره‌وری سال ۱۳۸۲ به ۱۳۸۱ کاهش یافته است. نرخ کارایی تکنولوژیک در این صنعت در طول دوره زمانی روند صعودی داشته است، لذا همان‌طور که مشاهده می‌شود نرخ افزایشی کارایی عملکردی این صنعت، از سال ۱۳۸۲ نزولی شده است و این موضوع باعث کاهش بهره‌وری کل این صنعت شده است. کاهش کارایی عملکردی ناشی از نزولی بودن کارایی مقیاس و نزولی شدن کارایی مدیریتی از سال ۱۳۸۲ بوده است، تا قبل از سال ۸۲ صعودی بودن کارایی مدیریتی پوشش‌دهنده نزولی بودن کارایی مقیاس بوده و کارایی عملکردی به طور کلی روند صعودی داشته است. لازم به ذکر است نرخ متوسط بهره‌وری کل



نمودار ۲: روند نرخ بهره‌وری صنعت کاشی



نمودار ۳: مقایسه متوسط عوامل بهره‌وری شرکت‌ها طی ۸۳-۱۳۸۰

عملکردی نیز به علت افزایش در هر دو عامل کارایی مدیریتی (۱/۱۱۷) و کارایی در مقیاس (۱/۰۱۶) می‌باشد. بهره‌وری کل شرکت کاشی الوند در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۲۱۲) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۰۸۲) و کارایی فناوری (۱/۱۲۰) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش عامل کارایی در مقیاس (۱/۰۸۲) می‌باشد چرا که در کارایی مدیریتی تغییری حاصل نشده است (۱/۰۰).

بهره‌وری کل شرکت کاشی پارس در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۲۵۵) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۱۶۸) و کارایی فناوری (۱/۰۷۵) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش عامل کارایی در مقیاس (۱/۱۶۸) می‌باشد چرا که در کارایی مدیریتی تغییری حاصل نشده است (۱/۰۰).

بهره‌وری کل شرکت کاشی حافظ در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۲۴۵) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۰۸۰) و کارایی فناوری (۱/۱۵۲) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در هر دو عامل کارایی مدیریتی (۱/۰۳۸) و کارایی در مقیاس (۱/۰۴۱)

در بهره‌وری کل شرکت گرانیت بهرام در طول این فاصله زمانی تغییری حاصل نشده است و این به این دلیل است که در اجزاء تشکیل‌دهنده بهره‌وری کل تقریباً تغییری رخ نداده است.

بهره‌وری کل در شرکت کاشی تکسرام کاهش یافته است (۰/۹۳۷) این کاهش بدلیل کاهش در کارایی عملکردی می‌باشد (۰/۸۷۷) در حالی که کارایی فناوری افزایش یافته است (۱/۰۶۹). کاهش در کارایی عملکردی نیز به دلیل کاهش در کارایی مقیاس می‌باشد (۰/۸۷۷) چرا که در کارایی مدیریتی تغییری مشاهده نمی‌شود (۱/۰۰).

بهره‌وری کل شرکت کاشی سعدی در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۴۰۶) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۲۱۸) و کارایی فناوری (۱/۱۵۴) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در هر دو عامل کارایی مدیریتی (۱/۱۸۲) و کارایی در مقیاس (۱/۰۳۱) می‌باشد.

بهره‌وری کل شرکت کاشی نیلو در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۱۷۳) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۱۳۴) و کارایی فناوری (۱/۰۳۴) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی

می‌باشد. کارایی مدیریتی (۱/۰۲۸) و کارایی در مقیاس (۱/۰۱۰) بهره‌وری کل شرکت کاشی و سرامیک سینا در این دوره زمانی افزایش داشته است (۱/۰۷۰) که این افزایش از افزایش در هر دو عامل کارایی عملکردی (۱/۰۳۹) و کارایی فناوری (۱/۰۳۰) ناشی می‌شود. افزایش در کارایی عملکردی نیز به علت افزایش در هر دو عامل

می‌باشد. نتایج تغییرات ایجاد شده در بهره‌وری تک تک شرکت‌ها و علل آن‌ها در هر سال در دوره زمانی تحت بررسی به دوره قبل و عوامل ایجاد این تغییرات در جدول ۴ و ۵ و ۶ خلاصه شده‌اند.

جدول ۴: تغییرات بهره‌وری در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰

شرکت	تغییرات کارایی عملکردی کل $TEC_0$	تحوالات فناوری $FS_0$	تغییرات کارایی مدیریتی	تغییرات کارایی مقیاس	تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید $M_0$
کاشی اصفهان	۱/۳۲۴	۰/۹۹۹	۰/۹۱۸	۱/۴۴۲	۱/۳۲۲
کاشی بهسرام	۱/۰۰۰	۱/۰۱۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۱۱
کاشی تکسرام	۰/۸۶۸	۱/۰۶۴	۱/۰۰۰	۰/۸۶۸	۰/۹۲۳
کاشی سعدی	۱/۱۴۶	۰/۹۴۶	۱/۱۰۲	۱/۰۴۰	۱/۰۸۴
کاشی نیلو	۱/۲۲۴	۰/۹۵۷	۱/۱۸۰	۱/۰۳۸	۱/۱۷۲
کاشی الوند	۱/۲۶۷	۱/۰۴۶	۱/۰۰۰	۱/۲۶۷	۱/۳۲۵
کاشی پارس	۰/۹۵۵	۰/۹۴۶	۱/۰۰۰	۰/۹۵۵	۰/۹۰۳
کاشی حافظ	۰/۸۸۷	۰/۹۶۳	۰/۸۰۳	۱/۱۰۵	۰/۸۵۴
کاشی سینا	۱/۱۶۶	۱/۰۴۴	۱/۱۹۰	۰/۹۸۰	۱/۲۱۷
متوسط صنعت	۱/۰۸۱	۰/۹۹۶	۱/۰۱۵	۱/۰۶۵	۱/۰۷۷

جدول ۵: تغییرات بهره‌وری در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۱

شرکت	تغییرات کارایی عملکردی کل $TEC_0$	تحوالات فناوری $FS_0$	تغییرات کارایی مدیریتی	تغییرات کارایی مقیاس	تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید $M_0$
کاشی اصفهان	۰/۸۹۰	۱/۲۰۴	۰/۸۸۷	۱/۰۰۳	۱/۰۷۱
کاشی بهسرام	۱/۰۰۰	۰/۶۲۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۲۶
کاشی تکسرام	۱/۲۲۵	۰/۸۶۴	۱/۰۰۰	۱/۲۲۵	۱/۰۵۸
کاشی سعدی	۱/۵۷۷	۱/۶۴۹	۱/۴۹۸	۱/۰۵۳	۲/۶۰۱
کاشی نیلو	۱/۰۳۷	۱/۰۳۳	۱/۲۳۵	۰/۸۴۰	۱/۰۷۱
کاشی الوند	۱/۰۰۰	۱/۱۴۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۱۴۳
کاشی پارس	۱/۶۱۸	۰/۹۳۴	۱/۰۰۰	۱/۶۱۸	۱/۵۱۲
کاشی حافظ	۱/۰۱۱	۱/۲۶۷	۱/۳۹۲	۰/۷۲۷	۱/۲۸۱
کاشی سینا	۱/۰۶۸	۰/۹۷۲	۰/۹۷۶	۱/۰۹۴	۱/۰۳۸
متوسط صنعت	۱/۱۳۵	۰/۹۷۲	۰/۹۷۶	۱/۰۹۴	۱/۰۳۸

جدول ۶: تغییرات بهره‌وری در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۳

تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید $M_0$	تغییرات کارایی مقیاس	تغییرات کارایی مدیریتی	تحوالات فناوری $FS_0$	تغییرات کارایی عملکردی کل $TEC_0$	شرکت
۱/۲۹۴	۰/۹۰۱	۱/۱۸۷	۱/۲۱۰	۱/۰۶۹	کاشی اصفهان
۱/۱۶۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۱۶۷	۱/۰۰۰	کاشی بهرام
۰/۸۴۱	۰/۶۳۳	۱/۰۰۰	۱/۳۲۸	۰/۶۳۳	کاشی نکسرام
۰/۹۸۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۸۵	۱/۰۰۰	کاشی سعدی
۱/۲۸۶	۱/۲۰۲	۰/۹۵۷	۱/۱۱۹	۱/۱۵۰	کاشی نیلو
۱/۱۷۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۱۷۷	۱/۰۰۰	کاشی الوند
۱/۴۴۸	۱/۰۳۰	۱/۰۰۰	۱/۴۰۶	۱/۰۳۰	کاشی پارس
۱/۷۶۲	۱/۴۰۵	۱/۰۰۰	۱/۲۵۴	۱/۴۰۵	کاشی حافظ
۰/۹۶۹	۰/۹۶۲	۰/۹۳۷	۱/۰۷۵	۰/۹۰۱	کاشی سینا
۱/۱۸۷	۰/۹۵۵	۱/۰۰۷	۱/۱۸۵	۱/۰۰۲	متوسط صنعت

## نتایج تحقیق و پیشنهادات

چنانکه اشاره شد در این مقاله با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به تخمین تغییرات بهره‌وری کل و کارایی تکنولوژیک و کارایی فنی در صنعت کاشی و سرامیک کشور ایران پرداخته شده است. پس از بررسی دقیق مؤلفه‌های شاخص مالم کوئیست مشخص گردید هر کدام از عبارات موجود در صورت و مخرج فرمول به نحوی مقدار فاصله را در واحد زمان و نسبت به مرز تکنولوژی یک دوره مبنا مورد محاسبه قرار می‌دهند، بنابراین با محاسبه مقادیر کارایی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و بکارگیری آن‌ها در محاسبه شاخص مالم کوئیست کار را ساده می‌نماید، لذا به جای محاسبه وقتگیر هر کدام از توابع مسافت به صورت جداگانه و در نهایت محاسبه شاخص بهره‌وری مالم کوئیست، این مقادیر را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها که امروزه نرم افزارهای محاسباتی آن به طور گسترده‌ای در بازار موجود است محاسبه و بدین طریق بهره‌وری کل محاسبه می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی نشانگر این است که بهره‌وری در صنعت کاشی در طی این فاصله زمانی به طور متوسط با نرخ ۱/۱۶۶ افزایش یافته است، این افزایش بهره‌وری کل ناشی از افزایش کارایی فنی با نرخ ۱/۰۱۷ و افزایش در کارایی تکنولوژیکی با نرخ ۱/۰۸۷ می‌باشد. افزایش در کارایی

فنی خود به دو مؤلفه افزایش در کارایی مدیریت به میزان ۳,۷٪ و افزایش در کارایی مقیاس به میزان ۳,۲٪ می‌باشد. همچنین مشاهده شد که نرخ افزایش در کارایی مقیاس در طول دوران مطالعه کاهش یافته و کارایی فناوری با نرخ فزاینده افزایش یافته که ناشی از تداوم خرید ماشین‌آلات و فناوری جدید توسط شرکت‌های صنعت بوده است. نرخ کارایی مدیریت و عملکردی در طی این دوران ابتدا فزاینده و سپس از سال ۱۳۸۲ کاهش یافته است. در نتیجه بهره‌وری کل در این صنعت تا سال ۱۳۸۲ با نرخ فزاینده و پس از آن با نرخ کاهش یافته است.

بنابراین استفاده از مدل ترکیبی ذکر شده به صورت فوق حجم محاسباتی را تا حد زیادی کاهش داده و امکان به کارگیری شاخص مالم کوئیست برای محاسبه بهره‌وری را افزایش داده است. با توجه به این امر برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود تا علاوه بر بکارگیری این مدل در سایر صنایع، در صورت امکان نتایج به دست آمده را با سایر روش‌های محاسبه بهره‌وری مورد مقایسه قرار دهند. همچنین با توجه به کارایی ترکیب‌های ارائه شده از روش‌های موجود در حوزه تحقیق در عملیات با روش تحلیل پوششی داده‌ها، به محققان پیشنهاد می‌شود به توسعه مدل‌های ترکیبی جدید، آزمون و نحوه بکارگیری آن‌ها در عمل پردازند.

منابع

15. Barros, Pestana & Alves, Carlos.(2004), An empirical analysis of productivity growth in a Portuguese retail chain using Malmquist productivity index, *Jornal of retailing and consumer service*: vol.11: pp.269-278.
16. Ramanathan, Ramakrishnan.(2005),Evaluating the comparative performance of countries of the Middle East and North Africa: A DEA application. *Socio-Economic planning Science*: vol 40: pp.156-167.
17. Estache, Antonio & Tovar de Fe, Beatriz & Trujillo, Lourdes.(2004), Sources of efficiency gains in port reform: a DEA decomposition of a Malmquist TFP index for mexico. *Utilities Policy*: vol.12: pp.221-230.
18. Gonzalez, Eduardo & Gascon, Feranando.(2003), Source of productivity growth in the Spanish pharmaceutical industry(19942000), *Research policy*: vol33: pp.735-745.
19. Johnes, Jill.(2006), Efficiency and Productivity change in the English Higher Education Sector From 1996/7 to 2002/03,Lancaster University Management School UK.
20. Chen, Chung-Jen & Hsueh-Liang, Wu & Bou-Wen, Lin.( 2005), Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park, *Technological forecasting & Social change*: vol 73: pp.452-465.
21. Coelli,Tim & Rao, D.S Prasada.(2003), Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist of 93 Countries,1980-2000.*International Association Of Agricultural Economics(IAAE), Conferences in Durban August*: pp.16-22.
22. Färe R, Grosskopf S & Lovell CAK & Lindgren B, Roos(1989), Productivity development in Swedish hospitals: a Malmquist output index approach. In: Charnes A, Cooper WW, Lewin A, Seiford L., editors. *Data envelopment analysis: theory, methodology and applications*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
23. Lothgren, M. Tambour.(1999), Productivity and customer satisfaction in Swedish pharmacies: A DEA network model. *European Journal of Operational Research* :vol 115 (3): pp.449– 458.
24. Grifell-Tatj E & Lovell, C.A.K.(1996), Deregulation and productivity decline: The case of Spanish savings banks. *European Economic Review*: Vol. 40(6): pp.1281–1303.
25. Fulginiti, L.E & Perrin, R.K.(1997), LDC agriculture: Nonparametric Malmquist productivity indexes, *Journal of Development Economics*: vol53(2): pp.373–390.
26. Madden, G. & Savage, S.J (1999), Telecommunications productivity, catch-up and innovation. *Telecommunications Policy*: vol 23(1): pp.65–81.
27. Coelli, T.J. (1996), A guide to DEAP version 2.1:a data envelopment analysis (Computer) program, Working Paper No. 8/96, Center for Efficiency and Productivity analysis, University of New England, Armidale, Australia.
1. امامی میبدی، علی (۱۳۷۹) اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری: چاپ اول، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
2. Odeck, James.(2006), Identifying traffic safety best practice: an application of DEA and Malmquist indices, *Omega*:vol34: pp.28-40.
3. Chen, Yao & AghaIqbal, Ali.(2004), DEA Malmquist Productivity Measure: New insights With An Application to Computer Industry, *European Journal of operational Research*:vol.159: pp.239-249.
4. Maniadarki, Nikolaos & Thanassoulis, Emanuel.(2004), A cost Malmquist productivity index, *European Journal Of Operational Research* :Vol.54: pp. 396-409.
5. Grifell, tatje, E & Lovell, C.A.K.(1996), Deregulation and productivity decline: The case of Spanish savings banks. *European Economic Review*: vol 40 (6): pp.1281–1303.
6. Odeck James.(2000), Assessing the relative efficiency and productivity growth of vehicle inspection services: An application of DEA and Malmquist indices, *European Journal Of Operational Research*: vol.126: pp.501-514.
7. Cummins,J. David & Tennyon, Sharan & Mary A, Weiss.(1999), Consolidation and efficiency in the US life insurance industry. *Journal Of Banking & Finance* :vol. 23: pp. 325-357.
8. Sena, Vania(2004), Total factor productivity and the spillover hypothesis: some new evidence. *International Journal Of Production Economics*: Vol. 92: pp. 31-42.
9. مهرگان، محمدرضا(۱۳۸۳) مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها: انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
10. Tone, Kaoru & Brieshe K.Sahoo.(2005), Evaluation cost efficiency and returns to scale in the Life Insurance Corporation of India using Data Envelopment Analysis, *Socio-Economic Planning Sciences*: Vol. 39: pp. 261-285.
11. Wu, Desheng et al.(2005), Simultaneous analysis of production and investment performance of Canadian life and health insurance companies using Data Envelopment Analysis, *Computers and Operational Research*,[on line].< <http://www.iiasa.ac.ir>>.[25 oct 2005].
12. Taylor, Brian & Geoff Harris.(2004), Relative efficiency among south African universities: A Data Envelopment Analysis, *Higher Education*: Vol.47: pp.73-89.
13. Takamura, Yoshiharu & Kaoru Tone.(2003), A comparative site evaluation study for relocating Japanese government agencies out of Tokyo, *Socio-Economic Planning Sciences*: Vol. 37: pp. 85-102.
14. Feng, Y. J. & Lu. H & K. Bi.(2004), An AHP/DEA method for measurement of efficiency of R&D activities in universities, *International Transactions In Operational Research*: Vol. 2: pp. 181-191.