

## مقاله پژوهشی

# مقایسه کارایی بنگاه های معدنی در بورس ایران

امیررضا سوری\*

دکتری اقتصاد و استادیار موسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی، amirsoory@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۰/۱/۳۰ - پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

## چکیده

معدن و صنایع معدنی با سهمی کمتر از یک درصد تولید ناخالص ملی و ۵ درصد از صادرات غیرنفتی تامین کننده مواد اولیه بسیاری از صنایع است و نقش بسزایی در خودکفایی اقتصادی، اشتغال مولد، افزایش نرخ رشد اقتصادی و درآمد سرانه دارد. این در حالی است که با وجود مواهب معدنی که ایران از آن برخوردار است، صنایع معدنی نه تنها در صادرات کشور، بلکه در تولید ملی نیز جایگاه چندانی ندارد و بیانگر صادرات مواد خام و منبع محور است که نیازمند تجدیدنظر اساسی در ساختار صادرات کشور است. در این راستا، هدف اصلی این مقاله بررسی و ارزیابی کارایی ۱۶ شرکت معدنی فعال در بورس اوراق بهادار تهران است تا ضمن ارزیابی کارایی آن ها، کاراترین شرکت ها، برای الگوبرداری سایر شرکت های معدنی معرفی شوند. در این مطالعه با استفاده از روش ناپارامتری و داده های سامانه اطلاع رسانی ناشران کدال در سال ۱۳۹۸، کارایی شرکت های معدنی فعال در بورس با دو فرض، بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس ارزیابی شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که کارایی مقیاس ۸۰ درصد و میانگین کارایی مدیریت ۷۴ درصد است. این بدین معنی است که زیربخش های شرکت های معدنی با فرض ثبات سایر شرایط، به لحاظ مقیاس و مدیریت، دارای فضای خالی اند، به عبارتی از عوامل مورد استفاده مانند نیروی انسانی، تجهیزات استخراج، حمل و نقل و دستگاه های سنگین و سبک به طور بهینه بهره برداری نمی کنند. نتایج دیگر مطالعه نشان داد که میانگین کل کارایی شرکت های معدنی بورسی ۶۲ درصد است که با توجه به الگو بودن شرکت های دماوند، معدنی و صنعتی گل گهر، معدنی و صنعتی چادرملو و توسعه معادن روی ایران، توصیه می شود شرکت های معدنی ناکارا برای افزایش کارایی نسبت به الگوبرداری از آن ها اقدام کنند.

## کلمات کلیدی

شرکت های معدنی، کارایی فنی، تحلیل پوششی داده ها و روش ناپارامتری.

\* نویسنده مسئول مکاتبات.

## ۱- مقدمه

توجه به مواهب معدنی که ایران از آن برخوردار است، صنایع معدنی نه تنها در صادرات کشور، بلکه در تولید ملی نیز جایگاه چندانی ندارد؛ گرچه باید این نکته را در نظر داشت که به طور کلی بخش صنعت، سهم کمی در تولید ناخالص کشور دارد. بر اساس آمارهای حساب‌های ملی کشور، سهم معدن و صنایع معدنی ۲۶ میلیارد دلار از تولید ناخالص ملی را به خود اختصاص داده است. آمار مرتبط با کارگاه‌های صنعتی (۱۰ نفر کارکن و بیشتر) نیز نشان می‌دهد که طی دوره مورد بررسی سهم صنایع معدنی از تولید ناخالص کشور، زیر ۵ درصد است. آمار ارائه شده بیانگر آن است برخی از معادن و صنایع مرتبط با بخش معدن با توجه به پتانسیل کارایی لازم را ندارند. در این راستا در این مقاله با به کارگیری روش برنامه‌ریزی ریاضی و استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۸، کارایی فنی شرکت‌های معدنی محاسبه شده است تا مشخص شود که کدام یک از شرکت‌های معدنی از نظر کارایی بهترین وضعیت را دارد؟ و آیا هر شرکت معدنی در مقایسه با سایر شرکت‌ها به نحوه مطلوبی از منابع موجود خود استفاده می‌کند؟

## ۲- ادبیات موضوع

از نظر تئوری‌های اقتصاد، کارایی نتیجه بهینه‌سازی تولید و تخصیص بهینه منابع است. به عبارت دیگر، در یک واحد تولیدی، مدیران و نیروی کار ضمن استفاده از حداکثر امکانات و منابع، عوامل تولید (سرمایه و نیروی کار) را به صورت بهینه مورد استفاده قرار دهند. کارایی مفهومی نسبی است و برای سنجش آن و درک میزان فاصله کارایی از مقادیر مورد انتظار و ایده‌آل باید به مقایسه عملکرد واحدهای اقتصادی در آن صنعت با کارایی در شرایط بالقوه تولید پرداخت. معرفی انواع روش‌های اندازه‌گیری عملی کارایی توسط فارل انجام گرفته است. وی پیشنهاد کرد که برای اندازه‌گیری کارایی یک بنگاه، عملکرد آن با عملکرد بهترین بنگاه‌های موجود در آن صنعت مقایسه شود [۱]. این روش در برگیرنده مفهوم «تابع تولید مرزی» است که شاخصی برای اندازه‌گیری کارایی است. فارل سه نوع کارایی برای بنگاه مطرح کرد. در واقع وی نظر خود را با مثال ساده‌ای از بنگاه‌هایی که با استفاده از دو عامل تولید  $(X_1, X_2)$  به تولید یک ستانده  $(Y)$  با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و برمبنای حداقل‌سازی نهاده می‌پردازند، بیان کرد. در اینجا تعریف هر یک از انواع کارایی از دیدگاه فارل بیان شده است [۲].

معدن و صنایع معدنی با سهمی کمتر از یک درصد تولید ناخالص ملی<sup>۱</sup> و ۵ درصد از صادرات غیرنفتی، تامین‌کننده مواد اولیه بسیاری از صنایع است و نقش بسزایی در خودکفایی اقتصادی، اشتغال مولد، افزایش نرخ رشد اقتصادی و درآمد سرانه دارد. ویژگی‌های جغرافیایی ایران سبب شده است تا از قابلیت‌های بالایی در بخش معدن برخوردار باشد، هرچند صیانت لازم از آن به عمل نمی‌آید. وجود بیش از ۶۷ نوع ماده معدنی و ذخیره‌ای بیش از ۵۰ میلیارد تن خود گواهی بر این مدعا است. اهمیت بخش معدن در اقتصاد کشور را باید به عنوان عرضه‌کننده مواد خام به صنایع معدنی دانست. بخشی که ارزش افزوده بیشتری را در مواد خام کشور ایجاد می‌کند. برای هر کشوری، بخش معدن و صنایع معدنی ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند که این ارتباط، اهمیت حیاتی دسترسی به مواد خام معدنی برای صنایع معدنی است. گرچه صادرات مواد خام معدنی و منبع محور که به نوعی خام فروشی تلقی می‌شود، نیازمند تجدیدنظر اساسی در ساختار صادرات کشور است.

بخش استخراج معدن در کشور طی دو دهه گذشته تقریباً سهم کمتر از یک درصد از تولید ناخالص داخلی داشته است. صادرات این بخش از کل صادرات کالایی نیز به طور متوسط طی چند ساله، در حدود پنج درصد بوده است. سهم این بخش از واردات کالایی کشور نیز کمتر از یک درصد است؛ این امر مبین آن است که سهم معدن در صادرات کالایی کشور پایین است و کشور در صیانت از منابع طبیعی به طور نسبی موفق بوده است و تولیدات آن صرف عرضه به صنایع معدنی کشور می‌شود. نکته دیگر آن که کشور احتیاج مبرمی به واردات مواد خام معدنی برای پشتیبانی از صنایع معدنی خود ندارد. نکته دیگر آن که بخشی از نقاط ضعف صنایع معدنی ناشی از ناکارایی و عدم موفقیت صنایع معدنی است.

طی پنج ساله گذشته، کل صادرات کالایی کشور به طور متوسط حدود ۳۰ میلیارد دلار بوده که از این مقدار، در حدود ۲۲ درصد متعلق به معدن و صنایع معدنی بوده است. در این میان، صادرات محصولات صنعت آهن و فولاد، چشمگیر است. واردات کالایی کشور نیز طی همین دوره به طور متوسط در حدود ۵۷ میلیارد دلار بوده است که سهم معدن و صنایع معدنی از این واردات، در حدود ۱۲ درصد است.

<sup>۱</sup> GDP

**کارایی اقتصادی<sup>۵</sup>:** ترکیبی از کارایی فنی و تخصیصی است، زیرا بیانگر درجه موفقیت بهره‌بردار در حداقل ساختن هزینه تولید میزان معینی محصول است. بنا به عقیده فارل، بهره‌برداری از نظر اقتصادی کاراست که با عمل بر تابع تولید مرزی و انتخاب ترکیب بهینه عوامل تولید، موجب حداکثر شدن سود و در نتیجه تامین کارایی اقتصادی شود (رابطه ۳) [۲].

$$ECE = TE \times ALE$$

$$= \frac{ON}{OS} \times \frac{OM}{ON} = \frac{OM}{OS} \quad (3)$$

### ۳- مبانی اولیه روش تحلیل پوششی داده‌ها

پیدایش این روش به مطالعه فارل (۱۹۵۷) باز می‌گردد. وی کارایی بخش کشاورزی امریکا را به طور عملی محاسبه کرد اما به دلیل بروز مشکلاتی در اندازه‌گیری کارایی و محدودیت‌های روش وی، این روش کاربرد عملی چندانی نیافت و تا سال‌ها مسکوت ماند [۱]. بعد از فارل محققان دیگری نیز از مدل برنامه‌ریزی خطی برای اندازه‌گیری کارایی استفاده کردند اما به این مقالات توجه زیادی نشد، تا اینکه در دهه هفتاد در دو قاره از جهان (امریکا و اروپا) به طور همزمان اندازه‌گیری عملی کارایی برحسب تعریف فارل به روش تحلیل مرزی تصادفی<sup>۶</sup> و از طریق برنامه‌ریزی خطی (DEA) امکان‌پذیر شد. در روش برنامه‌ریزی خطی که اولین بار از سوی چارلز، کوپر، رودز (۱۹۷۸) معرفی شد با جامعیت بخشیدن به روش فارل به‌گونه‌ای که ویژگی‌های فرآیند تولید با چند نهاد و چند ستانده را دربرگیرد، توسعه یافت [۳]. روش تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی نسبی به ارایه مدل زیر می‌پردازد (رابطه‌های ۴ و ۵):

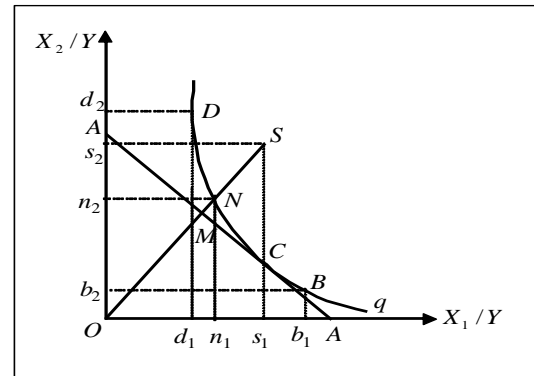
$$\text{Max } \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{ro}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (4)$$

$$j = 1, 2, \dots, m \quad u_{ro}, v_{io} \geq 0 \quad \text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{ij}} \leq 1 \quad (5)$$

که در آن:

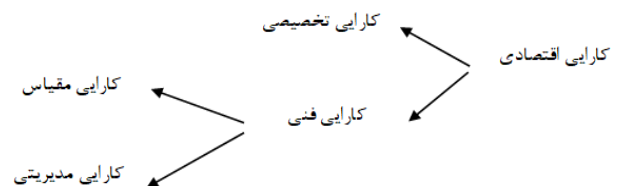
$U_i$  و  $V_i$ : به ترتیب وزن ستانده‌ها و نهادها در فرآیند تولید

$Y_j$  و  $X_j$ : به ترتیب ستانده‌ها و نهادهای تولید



نمودار ۱- تعریف انواع کارایی از دیدگاه فارل

کارایی فنی<sup>۱</sup>: منعکس‌کننده توانایی بنگاه در کسب حداکثر محصول از مقدار معین نهاد (حداکثرسازی ستانده) و یا استفاده از حداقل نهاده‌ها برای دستیابی به میزان معین ستانده (حداقل‌سازی نهاد) است. این نوع کارایی خود به دو جزء کارایی مقیاس<sup>۲</sup> و کارایی مدیریتی<sup>۳</sup> تقسیم می‌شود. کارایی مقیاس بیانگر میزان توانایی بنگاه برای جلوگیری از اتلاف منابع از طریق عمل در مولدترین مقیاس است. کارایی مدیریتی نیز نشان‌دهنده تلاش کارکنان و مدیریت خوب است. به طور کلی می‌توان تقسیم‌بندی کارایی فنی را به صورت زیر نشان داد:



ماخذ: طراحی شده توسط نویسندگان مقاله

با توجه به نمودار فوق کارایی و ناکارایی فنی بنگاه  $S$  از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$TE = \frac{ON}{OS} \quad (1)$$

**کارایی تخصیصی<sup>۴</sup>:** بیانگر توانایی بنگاه در استفاده از

نسبت‌های بهینه نهاده‌ها با توجه به قیمت‌های مربوط به آن‌ها است. چنانچه قیمت عوامل تولید با خط  $AA$  نشان داده شود، آنگاه کارایی و ناکارایی تخصیصی بنگاه  $S$  به صورت رابطه ۲ خواهد بود:

$$ALE = \frac{OM}{ON} \quad (2)$$

<sup>1</sup> Technical Efficiency (TE)

<sup>2</sup> Scale Efficiency (SE)

<sup>3</sup> Management Efficiency (ME)

<sup>4</sup> Allocation Efficiency (ALE)

<sup>5</sup> Economic Efficiency (ECE)

<sup>6</sup> Stochastic Frontier Analysis (SFA)

منحنی هزینه متوسط بلندمدت) عمل کند. با توجه به اینکه مدل CCR با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، اقدام به اندازه‌گیری کارایی می‌کند، قادر به نشان دادن تاثیرات تغییر در ساختار و عملکرد مدیران بر کارایی نیست. از این‌رو، محاسبه کارایی فنی با فرض بازدهی کاهنده یا فزاینده نسبت به مقیاس اهمیت پیدا می‌کند [۲].

### ۳-۲- بازده نسبت به مقیاس فزاینده/ کاهنده

بازده فزاینده یعنی اگر در فرآیند تولیدی، تولیدکننده تمام نهاده‌های خود را برای مثال یک درصد تغییر دهد، تولید بیش از یک درصد افزایش یابد. چنانچه تولید کمتر از یک درصد افزایش یابد، بازده نسب به مقیاس کاهنده خواهد بود.

به دنبال مشکلات ناشی از بازدهی ثابت، بنکر، چارنز و کوپر (۱۹۸۴) فرض بازدهی کاهنده یا فزاینده نسبت به مقیاس را به مدل اولیه افزودند که به مدل BCC معروف شد. در این مدل، علاوه بر اندازه‌گیری کارایی؛ نوع بازده نسبت به مقیاس نیز به تفکیک مشخص شد [۴].

انجام این مهم در فرموله کردن مساله دوگان در برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس با اضافه کردن محدودیت  $NI'\lambda = 1$  (قید تحدب) به این مدل انجام می‌گیرد، در این حالت محاسبات با فرض بازده کاهنده یا فزاینده نسبت به مقیاس انجام می‌شود. بنابراین، رابطه‌های ۸ و ۹ حاصل می‌شود:

$$\text{Min} \quad (8) \quad - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{ij} \geq 0 \quad S.t$$

$$\theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \quad (9)$$

$$NI'\lambda = 1 \quad \lambda > 0$$

این مدل بیانگر فعالیت بنگاه در ناحیه بازده فزاینده یا کاهنده نسبت به مقیاس نیست. بنابراین در عمل، تعیین نوع بازده با مقایسه قید بازده فزاینده نسبت به مقیاس ( $NI'\lambda \leq 1$ ) انجام گیرد به طوری که (رابطه ۱۰ و ۱۱):

$$\text{Min} \quad (10) \quad S.t \quad - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{ij} \geq 0$$

$$\theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \quad (11)$$

$$NI'\lambda \leq 1 \quad \lambda > 0$$

بنابراین، روش تحلیل پوششی داده‌ها به حداکثرسازی نسبت موزون خروجی‌ها و ورودی‌ها با شرط آن که همان ضرایب کارایی سایر بنگاه‌ها را بیشتر از واحد نکند، می‌پردازد. از آنجا که مدل بالا، مدلی غیرخطی است، برای سهولت در حل این مدل با فرض  $\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io} = 1$  آن را به یک مدل خطی تبدیل می‌کند و در نهایت با اعمال یکسری عملیات ریاضی و با توجه به دوآل مدل بالا رابطه ۶ و ۷ حاصل می‌شود:

$$\text{Min} \quad \theta \quad (6) \quad - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{ij} \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$S.t \quad \theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \quad \lambda > 0 \quad (7)$$

$\lambda$  بردار  $N \times 1$  و شامل اعداد ثابت است که نشان‌دهنده وزن‌های مجموعه مرجع برای  $\theta$  است. مقادیر اسکالر به دست آمده کارایی بنگاه‌هاست که شرط  $\theta \leq 1$  را تامین می‌کند. مدل بالا در روش DEA به نام طراحان آن به مدل CCR معروف شده است.

### ۳-۱- بازده به مقیاس در تحلیل پوششی داده‌ها

مفهوم بازده به مقیاس زمانی مطرح می‌شود که هدف بررسی چگونگی تغییر خروجی‌ها به ازای تغییر نسبت مشخص ورودی‌ها باشد. این بحث را می‌توان با فروزی در مدل DEA گنجانده که دارای دو نتیجه مهم است: اول اینکه، کارایی فنی به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تفکیک می‌شود و دوم اینکه، بنگاه‌های بزرگ از بنگاه‌های کوچک تمیز داده می‌شود اما با توجه به اهمیت متفاوت نهاده‌ها در ایجاد ستانده، برای بنگاهی که با استفاده از چندین نهاده به تولید چندین ستانده می‌پردازد، محاسبه این شاخص با مشکلاتی مواجه شد. تحت این شرایط باید برای هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها ضرایب اهمیت مناسبی انتخاب کرد که در انتخاب این ضرایب اختلاف نظرهایی در میان محققان وجود داشت. برخی از آن‌ها از شاخص قیمت، هزینه و نظایر آن به عنوان ضرایب استفاده کرده‌اند. در سال ۱۹۷۸، چارنز، کوپر و رودز با ارایه مدل خود بر مبنای حداقل‌سازی نهاده و با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس این مشکل را مرتفع کردند.

### ۳-۱-۱- بازده نسبت به مقیاس ثابت

فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تنها در صورتی قابل اعمال است که بنگاه‌ها در مقیاس بهینه (قسمت مسطح

## ۳-۳-۳- روش اندرسون - پیترسون A-P

روش وزنی نیز اشکالاتی دارد. به عنوان مثال اگر بنگاهی ۳ بار با وزن ۸۵ درصد و بنگاه دیگر ۱۰ بار با وزن ۲۲ درصد در مجموعه مرجع شرکت داشته باشند. آنگاه روش وزنی به بنگاه اول نسبت به بنگاه دوم رتبه بالاتری اختصاص خواهد داد (۲/۲۵ در مقابل ۲/۲). بنابراین همانگونه که مشاهده می شود، این روش نیز تمامی جوانب را در نظر نمی گیرد.

با توجه به نقایص فوق، اندرسون و پیترسون در سال ۱۹۹۳ مدل A-P را پیشنهاد کردند. این مدل برای رتبه بندی واحدهای کارا، آن واحد را از مجموعه واحدهای تصمیم گیرنده حذف و قیود DEA را برای سایر بنگاه ها اعمال می کند. مدل پیشنهادی آن ها به صورت روابط ۱۲ تا ۱۴ است:

$$\text{Min } \theta_p \quad \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m p_i + \sum_{r=1}^s q_r \right) \quad (12)$$

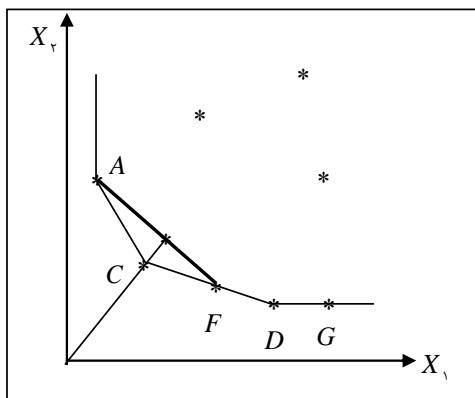
$$\text{S.t } \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j X_{ij} + p_i + S_i = \theta X_{ip} \quad (13)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n \lambda_j Y_{rj} + q_r \quad S_r = Y_{rp} \quad (14)$$

$$r = 1, 2, \dots, s \quad \lambda, p, q, S > 0$$

برای درک بهتر چگونگی امکان رتبه بندی واحدهای کارا پس از حذف بنگاه مورد ارزیابی از قیود برنامه ریزی خطی، به شکل ۲ ارایه شده است.



شکل ۲- شرح هندسی رتبه بندی واحدهای کارا به روش A-P

در حالت معمول، مرز مجموعه امکان معادل ACFDG بوده و بنگاه های A, C, F, D دارای کارایی قوی است و بنگاه G کارایی ضعیفی دارد. از سوی دیگر می توان گفت که

به عبارت دیگر، ماهیت نوع بازده در ناکارایی مقیاس برای یک بنگاه خاص با مقایسه مقدار کارایی فنی در حالت بازده کاهنده نسبت به مقیاس، با مقدار کارایی فنی بازده فزاینده نسبت به مقیاس، تعیین می شود، بدین صورت که در صورت مساوی بودن دو مقدار، بنگاه مورد نظر با بازده کاهنده نسبت به مقیاس مواجه بوده و در غیر این صورت شرط بازده فزاینده نسبت به مقیاس برقرار است [۵].

این مدل را در روش DEA مدل BCC با فرض بازدهی کاهنده یا فزاینده نسبت به مقیاس می نامند. بر اساس این مدل، کارایی محاسبه شده در مدل CCR به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تقسیم می شود.

در این روش پس از تعیین منحنی مرزی کارا، جایگاه هر بنگاه روی آن مشخص شده و معین می شود که هر بنگاه برای رسیدن به جایگاه تعیین شده خود، چه ترکیبی از نهاده ها و ستانده ها را باید انتخاب کند. در واقع، روش تحلیل پوششی داده ها بهترین عملکرد را از بین تمامی مشاهدات آماری ارایه داده و کارایی یک واحد تصمیم ساز<sup>۱</sup> را به صورت نسبی بر اساس بهترین عملکرد مشخص می کند [۲].

## ۳-۳-۳- اولویت بندی واحدهای کارا

به طور کلی سه روش شمارشی، وزنی و اندرسون-پیترسون برای رتبه بندی واحدهای کارا وجود دارد که در این قسمت هر یک از روش های سه گانه فوق شرح داده می شوند.

## ۳-۳-۱- روش شمارشی

در این روش تعداد دفعاتی که بنگاه کارا در ساختن مجموعه مرجع دخیل بوده است، مدنظر قرار می گیرد. بنابراین هر بنگاهی که تعداد دفعات بیشتری در ساختن مجموعه مرجع شرکت داشته باشد، نسبت به سایر بنگاه ها رتبه بالاتری دارد.

## ۳-۳-۲- روش وزنی

اشکالی که به روش شمارشی وارد می شود آن است که امکان دارد بنگاهی به کرات در تشکیل بنگاه مرجع سهمیم باشد اما هر بار وزن ناچیزی داشته باشد و یا برعکس تعداد دفعاتی که بنگاهی در تشکیل بنگاه مرجع شرکت دارد، اندک باشد اما هر بار وزن زیادی داشته باشد. برای حل مشکل فوق پیشنهاد می شود؛ مجموع وزنی که هر بنگاه در تشکیل بنگاه های مرجع داشته است ملاک و مبنای عمل قرار گیرد.

<sup>1</sup> Decision making unit

$A, C, D$  کارایی راسی و  $F$  کارایی غیرراسی است.

مختلف زیاد است [۸].

احمدحسین حسینزاده و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان "تحلیل عملکرد کارایی شرکت‌های بزرگ استخراج معدن استرالیا با استفاده از تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها" با استفاده از داده‌های سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ ارزیابی کارایی شرکت‌های استخراج معدن پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که شرکت‌های معدنی می‌توانند عملکرد خود را حداقل ۱۷ درصد در سال ۲۰۱۰ و حداکثر ۳۴ درصد در سال ۲۰۰۸ بهبود بخشند. نتایج دیگر مطالعه نشان داد که نسبت به بهترین عملکرد اکثر شرکت‌های معدنی با گذشت زمان کارآمدتر می‌شوند [۹].

در ایران تاکنون مطالعه‌ای در مورد بررسی و ارزیابی کارایی معادن انجام نشده است و از این منظر، مقاله حاضر جدید است ولی از جمله مطالعات نزدیک به موضوع پژوهش می‌توان به مقاله بشیری و دیگران (۱۳۸۷) با عنوان "استفاده از شاخص تورنکوویست<sup>۱</sup> برای ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید (مطالعه موردی بخش صنعت و معدن)" اشاره کرد. آن‌ها تغییرات رشد بهره‌وری کل عوامل بخش صنعت و معدن را برای دوره ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۵ با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و بهره‌گیری از روش‌های ناپارامتری و شاخص تورنکوویست محاسبه کردند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن بود که بهره‌وری عوامل تولید در بخش صنعت و معدن به طور متوسط سالانه با رشدی معادل ۰/۸ درصد روبروست که با اهداف برنامه چهارم توسعه (۴/۴ درصد) فاصله زیادی دارد.

امینی (۱۳۸۲) در مقاله‌ای با عنوان "اندازه‌گیری و تحلیل عوامل موثر در بهره‌وری کل عوامل در بخش صنعت و معدن" به بررسی شاخص‌های بهره‌وری نیروی کار، سرمایه، انرژی و کل عوامل<sup>۲</sup> بخش صنعت و معدن برای دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۱ پرداخته است. نتایج مطالعه وی نشان داد که متوسط میزان رشد سالانه شاخص‌های یاد شده در دوره مورد بررسی ۵/۲، ۱، ۰/۳ و ۲/۵ درصد بوده است. ضمن آن که دستمزدهای واقعی، هزینه‌های واقعی استفاده از سرمایه، نسبت کارکنان علمی، فنی و تخصصی به کل اشتغال و نسبت تولید بالفعل به تولید بالقوه در بهره‌وری کل عوامل اثر مثبت و سرمایه انسانی اثر منفی دارد. سرعت تعدیل در این بخش نسبتاً کند است و حدود ۳ سال طول می‌کشد تا کارفرمایان شکاف بین سطح مطلوب و واقعی بهره‌وری کل عوامل را پر کنند. این کندی بیشتر ناشی از انعطاف‌ناپذیری بازار کار است.

در این مدل، مرز مجموعه امکان بدون در نظر گرفتن بنگاه کارای مورد بررسی ترسیم می‌شود، بنابراین برای بنگاه کارایی  $C$ ، مرز مجموعه امکان به  $AFDG$  تغییر یافته و کارایی بنگاه  $C$  به صورت رابطه ۱۵ محاسبه می‌شود:

$$\theta_c^* = \frac{OC'}{OC} > 1 \quad (15)$$

بدین ترتیب کارایی این بنگاه بزرگتر از یک به دست خواهد آمد، با تکرار عملیات فوق برای بنگاه‌های کارای دیگر نیز، کارایی آن‌ها محاسبه شده و سپس بر اساس کارایی‌های حاصل (بزرگتر از ۱) بنگاه‌های کارا به ترتیب رتبه‌بندی می‌شوند [۶].

اشکال روش  $AP$  برای نقاط غیرراسی مانند  $F$  است، زیرا که با حذف این بنگاه مرز مجموعه امکان بدون تغییر باقی مانده و همچنان کارایی بنگاه  $F$  برابر یک باقی می‌ماند. برای رفع این نقیصه و نقایص دیگر مدل  $AP$  دکتر جهان‌شاهلو به همراه تعدادی از همکاران خود مدل  $MAJ$  را ارائه کردند که با اعمال قیودی در کنترل وزن‌ها سعی در رفع نقایص مدل  $AP$  داشتند.

#### ۴- مطالعات انجام شده

با توجه به محدودیت داده و اطلاعات مطالعات محدودی در جهان در مورد ارزیابی کارایی معادن انجام شده است. از جمله مطالعات خارج از کشور می‌توان به مقاله "بررسی میزان کارایی استخراج معادن زغال‌سنگ چین" توسط یینگ وانگ و همکاران در سال ۲۰۲۰ اشاره کرد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های سال ۲۰۱۹ و مدل تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی استخراج معادن در چین پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان داد که استخراج از معادن زغال‌سنگ بیشترین کارایی را نسبت به سایر معادن داشته‌اند [۷].

لی و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان "بررسی کارایی تولید و استخراج زغال‌سنگ چین" با استفاده از داده‌های سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ و روش تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی معادن زغال‌سنگ در چین پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که:

- هفت استان در تمام شش سال کارآمد بودند و نیازی به پیشرفت بیشتر ندارند.
- نیروی کار صنعت زغال‌سنگ، دارایی‌های ثابت و بازده تولید زغال‌سنگ به طور قابل توجهی کاهش یافته است.
- اختلافات کارایی استخراج زغال‌سنگ در بین استان‌های

<sup>1</sup> Tornqvist

<sup>2</sup> Total Factor Productivity (TFP)

## ۵- الگوی تجربی

مدیریت هزینه‌ها، استراتژی‌های شرکت و نظایر آن را نشان داده و در محاسبه انواع جنبه‌های کارایی موثرتر است.

## ۵-۱- میزان کارایی شرکت‌های معدنی

با در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌ها و ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها، مقایسه‌ای میان شرکت‌های معدنی انجام شده است. در این مقاله از دو مدل CCR با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و BCC با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس استفاده شده است. بنابراین با در نظر گرفتن ورودی‌ها (نهاده‌ها) و ستانده (خروجی) ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها نتایج زیر حاصل شده است.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین کارایی مقیاس ۸۰ درصد و میانگین کارایی مدیریت ۷۴ درصد است. این بدین معنی است که زیربخش‌های شرکت‌های معدنی با فرض ثبات سایر شرایط، به لحاظ مقیاس و مدیریت، دارای فضای خالی‌اند، بنابراین باید ترتیبی اتخاذ شود که از این منابع به طور بهینه استفاده شود. موضوع دیگری که در اینجا با توجه به نتایج کارایی می‌توان به آن پرداخت، آن است که میانگین کل کارایی شرکت‌های معدنی مورد بررسی در کشور ۶۲ درصد است.

برای بررسی وضعیت شرکت‌های معدنی از اطلاعات سال ۱۳۹۸ برای ۱۶ شرکت معدنی فعال در بازار سرمایه ایران استفاده شده است. اطلاعات مورد استفاده از سامانه اطلاع‌رسانی ناشران کدال دریافت شده است. با توجه به آن که افزایش تعداد شرکت‌ها بر خروجی نتایج مدل موثر خواهد بود، بنگاه‌های معدنی انتخاب شده‌اند که اطلاعات آن‌ها در سامانه کدال موجود و در بازار سرمایه، بیشترین سهم را به لحاظ ارزش بازاری را در اختیار دارند.

با توجه به کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی در اندازه‌گیری کارایی فنی در این قسمت به معرفی نهادها و ستانده در شرکت‌های معدنی مورد بررسی پرداخته شده است. در این پژوهش دارایی، میزان سرمایه، موجودی کالا، نیروی کار و فروش به عنوان نهاد و سود خالص به عنوان ستانده در نظر گرفته شده است. دلیل آن که فروش به عنوان نهاد و سود خالص به عنوان ستانده انتخاب شده، آن است که در اکثر مطالعات انجام شده فروش به عنوان نهاد و سود خالص به عنوان ستانده در نظر گرفته شده است. ضمن آن که سود خالص توانایی شرکت را در

جدول ۱- بررسی وضعیت کارایی شرکت‌های معدنی به تفکیک اجزاء در سال ۱۳۹۸

ردیف	نماد	نام شرکت	کارایی فنی	کارایی مدیریتی	کارایی مقیاس	نوع بازده به مقیاس
۱	کدما	معدنی دماوند	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	بازده ثابت
۲	کاما	باما	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۹۷	بازده فزاینده
۳	کفپارس	فرآورده‌های نسوز پارس	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۶	بازده کاهنده
۴	کمنگنز	معادن منگنز ایران	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۸۹	بازده ثابت
۵	کگل	معدنی و صنعتی گل‌گهر	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	بازده فزاینده
۶	کفرا	فرآورده‌های نسوز ایران	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۹۲	بازده کاهنده
۷	کچاد	معدنی و صنعتی چادرملو	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	بازده ثابت
۸	کبرور	زغال‌سنگ پروده طبس	۰/۱۸	۱/۰۰	۰/۱۸	بازده فزاینده
۹	کبافق	معادن بافق	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۸۵	بازده فزاینده
۱۰	کروی	توسعه معادن روی ایران	۰/۴۶	۱/۰۰	۰/۴۶	بازده فزاینده
۱۱	کطبس	ذغال سنگ نگین طبس	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۷۲	بازده فزاینده
۱۲	کاذر	فرآورده‌های نسوز آذر	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۹۶	بازده کاهنده
۱۳	کنور	توسعه معدنی و صنعتی صیانور	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۸۹	بازده فزاینده
۱۴	کگهر	سنگ آهن گهر زمین	۰/۵۰	۱/۰۰	۰/۵۰	بازده فزاینده
۱۵	کشرق	صنعتی و معدنی شمال شرق شاهرود	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۹	بازده فزاینده
۱۶	کفراور	فرآورده‌های سیمان شرق	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۹۷	بازده فزاینده
۱۷		میانگین	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۸۰	-

ماخذ: محاسبات تحقیق

تاثیر آن بر ستانده نسبت به شرکت‌های در مرز کارایی است.

#### ۵-۲- رتبه‌بندی شرکت‌های الگو

یکی از اهداف روش تحلیل پوششی داده‌ها آرایه الگوی مرجع برای شرکت‌های ناکارا است، بنابراین در اینجا بر اساس نتایج خروجی نرم‌افزار، الگوی هر یک از شرکت‌های معدنی مورد مطالعه مشخص شده که در قالب جدول ۲ آرایه شده است.

بررسی وضعیت کارایی شرکت‌های معدنی به تفکیک اجزاء بیانگر آن است که در بین شرکت‌ها مورد بررسی شرکت‌های کدما و کگل به لحاظ کارایی فنی، مدیریتی و مقیاس در مرز کارایی قرار دارد، علاوه بر شرکت‌های فوق به لحاظ کارایی فنی شرکت کچاد و به لحاظ کارایی مدیریتی شرکت‌های کمگنز، کبرور، کروی، کنور، کگهر و کشرق در مرز کارایی‌اند. دلیل آن که برخی از شرکت‌ها به لحاظ کارایی فنی و مدیریتی بسیار ناکارا به نظر می‌رسند، ناشی از فاصله عملکرد نهاده‌های آن‌ها و

جدول ۲- شرکت‌های معدنی الگو برای افزایش کارایی سایر شرکت‌های معدنی در سال ۱۳۹۸

ردیف	نماد	نام شرکت	شرکت الگو ۱	شرکت الگو ۲	شرکت الگو ۳
۱	کدما	معدنی دماوند	-	-	-
۲	کاما	باما	معدنی و صنعتی گل گهر	سنگ آهن گهر زمین	-
۳	کفپارس	فرآورده‌های نسوز پارس	معدنی دماوند	معدنی و صنعتی چادرملو	-
۴	کمگنز	معادن منگنز ایران	معدنی و صنعتی چادرملو	معدنی دماوند	توسعه معادن روی ایران
۵	کگل	معدنی و صنعتی گل گهر	معدنی دماوند	توسعه معادن روی ایران	-
۶	کفرا	فرآورده‌های نسوز ایران	معدنی دماوند	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	معدنی و صنعتی چادرملو
۷	کچاد	معدنی و صنعتی چادرملو	-	-	-
۸	کبرور	زغال سنگ پروده طبس	معدنی دماوند	سنگ آهن گهر زمین	-
۹	کبافق	معادن بافق	معدنی و صنعتی گل گهر	معدنی دماوند	-
۱۰	کروی	توسعه معادن روی ایران	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	معدنی دماوند	معدنی و صنعتی گل گهر
۱۱	کطیس	زغال سنگ نگین طبس	معدنی دماوند	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	-
۱۲	کاذر	فرآورده‌های نسوز آذر	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	معدنی و صنعتی چادرملو	سنگ آهن گهر زمین
۱۳	کنور	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	-	-	-
۱۴	کگهر	سنگ آهن گهر زمین	-	-	-
۱۵	کشرق	صنعتی و معدنی شمال شرق شاهرود	معدنی دماوند	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	توسعه معادن روی ایران
۱۶	کفرآور	فرآورده‌های سیمان شرق	معدنی و صنعتی چادرملو	سنگ آهن گهر زمین	معدنی و صنعتی چادرملو

ماخذ: محاسبات تحقیق

واحدهای مرجع می‌شود.

#### ۵-۲-۱- روش تعداد دفعات

اولین روش، مراجعه به تعداد دفعاتی است که شرکت مورد نظر الگو و یا مرجع سایر شرکت‌ها قرار گرفته است. با توجه به

از آنجا که ۱۶ شرکت در این پژوهش به عنوان الگو تعیین شده‌اند، DEA این امکان را می‌دهد تا هر یک از شرکت‌های مرجع الویت‌بندی شود، بنابراین با استفاده از دو روش تعداد دفعات و مجموع وزنی تعداد دفعات، اقدام به الویت‌بندی



### ۶- جمع بندی و توصیه های سیاستی

امروزه، بکارگیری روش های مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی در تعیین کارایی مورد توجه محققان قرار گرفته است. با توجه به قابلیت های عمده روش هایی نظیر روش تحلیل فراگیر داده ها در ارائه نتایج با دو ماهیت ورودی و خروجی و قدرت آنها در ارائه راهکار برای افزایش کارایی در بنگاه های اقتصادی می توان از آن به عنوان یک ابزار کارآمد در جهت دستیابی به اهداف بلندمدت و کوتاه مدت استفاده کرد.

در این پژوهش برای اندازه گیری کارایی شرکت های معدنی از روش ناپارامتری و اطلاعات مورد استفاده از سامانه اطلاع رسانی ناشران کدال در سال ۱۳۹۸ استفاده شده است و کارایی شرکت های معدنی با دو فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس محاسبه شده است.

نتایج این مطالعه نشان داد که کارایی مقیاس ۸۰ و میانگین کارایی مدیریت ۷۴ درصد است. این بدین معنی است که زیربخش های شرکت های معدنی با فرض ثبات سایر شرایط، به لحاظ مقیاس و مدیریت دارای فضای خالی اند، به عبارتی از عوامل مورد استفاده مانند نیروی انسانی، تجهیزات استخراج، دستگاه های سنگین و سبک به طور بهینه بهره برداری نمی کنند، بنابراین ضروری است ترتیبی اتخاذ شود که از این منابع بطور بهینه استفاده شود. از دیگر نتایج این مطالعه آن است که میانگین کل کارایی شرکت های معدنی مورد بررسی ۶۲ درصد است که با توجه به الگو بودن شرکت های دماوند، معدنی و صنعتی گل گهر، معدنی و صنعتی چادرملو و توسعه معادن روی ایران، توصیه می شود شرکت های معدنی ناکارا برای افزایش کارایی نسبت به الگوبرداری از آنها اقدام کنند. از جمله استراتژی های شرکت های الگو که می تواند موجب افزایش کارایی در سایر شرکت ها شود عبارتند از:

- شرکت های معدنی از ائتلاف منابع خود جلوگیری و از تجهیزات استخراج و دستگاه های سنگین و سبک در مولدترین مقیاس استفاده کنند.
- شرکت های معدنی ترکیب فعالیت های خود را با هدف کاهش رویارویی شرکت با سیکل های تجاری، متنوع تر کنند.
- شرکت های معدنی علاوه بر رعایت سطح بهینه استخدام، با برگزاری دوره های علمی و آموزشی مناسب و مستمر، سعی در افزایش بازدهی نیروی کار کنند.
- شرکت های معدنی اقدام به فعال ساختن بخش بازرگانی در جهت توسعه بازاریابی و افزایش سهم در صادرات جهانی

این روش، ۶ شرکت به عنوان الگوی سایر شرکت ها قرار گرفته اند و شرکت معدنی دماوند با (۱۰ بار) تکرار به عنوان شرکت الگو، رتبه اول را در میان سایر شرکت ها کسب کرده است و پس از آن به ترتیب معادن منگنز ایران (۸ بار)، معدنی و صنعتی چادرملو (۷ بار)، معدنی و صنعتی گل گهر (۵ بار)، توسعه معادن روی ایران (۴ بار)، توسعه معدنی و صنعتی صبانور (۲ بار) و صنعتی و معدنی شمال شرق شاهرود (۱ بار) در اولویت های بعد قرار گرفته اند.

جدول ۳- روش تعداد دفعات الگو بودن در روش تحلیل پوششی داده ها

نماد	نام شرکت	تعداد دفعات
کدما	معدنی دماوند	۱۰
کمنگنز	معادن منگنز ایران	۸
کچاد	معدنی و صنعتی چادرملو	۷
کگل	معدنی و صنعتی گل گهر	۵
کروی	توسعه معادن روی ایران	۴
کنور	توسعه معدنی و صنعتی صبانور	۲
کشرق	صنعتی و معدنی شمال شرق شاهرود	۱
ماخذ: محاسبات تحقیق		

### ۵-۲-۲- روش مجموع وزنی تعداد دفعات

روش دیگری که برای رتبه بندی مطرح است، مراجعه به مجموع وزنی شرکت های دارای کارایی واحد در هر بار است که بعنوان الگو برای سایر شرکت ها مطرح بوده اند. همانطور که مشاهده می شود، با توجه به این روش، شرکت های معدنی دماوند و معادن منگنز ایران به ترتیب رتبه های اول و دوم را در میان سایر شرکت های دارای کارایی واحد دارا می باشند. همچنین شرکت های معدنی صنعتی گل گهر، معدنی و صنعتی چادرملو و توسعه معادن روی ایران به ترتیب رتبه های سوم تا پنجم را دارا می باشند.

جدول ۴- روش مجموع وزنی دفعات الگو بودن در روش تحلیل پوششی داده ها

نماد	نام شرکت	مجموع وزنی
کدما	معدنی دماوند	۴/۷
کمنگنز	معادن منگنز ایران	۳/۸
کگل	معدنی و صنعتی گل گهر	۳/۳
کچاد	معدنی و صنعتی چادرملو	۲/۸
کروی	توسعه معادن روی ایران	۲/۰
ماخذ: محاسبات تحقیق		

3. Charnes, A., Cooper, W.W., 1978. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research* 2, 429– 444.
4. Banker, R., Charnes, A., Cooper, W.W., 1984. "Some models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science* 30, 1078 – 1092.
5. Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., 1994, "Data Envelopment Analysis: Theory", *Methodology and Application*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
6. Cooper, W., Seiford, L.M., Tone, K., 1999, "Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models", Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
7. Ying, W., Lei, Y., Wang, S., 2020, "Green Mining Efficiency and Improvement Countermeasures for China's Coal Mining Industry", *Front. Energy Res.*
8. Li, Y., Chiu, Y. Lin, T., 2019, "Coal production efficiency and land destruction in China's coal mining industry", 63.
9. Hosseinzadeh, A., Smyth, R., Valadkhani, A., Le, V., 2016, "Analyzing the efficiency

محصولات معدنی نمایند.

- شرکت‌های معدنی اقدام به تکمیل زنجیره ارزش تولید محصولات معدنی با ارزش افزوده بالا و با قابلیت صادراتی کنند.
- شرکت‌های معدنی اقدام به فعال تر کردن بخش اکتشاف به ویژه اکتشاف عمیق مواد معدنی نمایند.
- شرکت‌های معدنی با پیش‌بینی منابع مورد نیاز، از ابزارهای نوین مالی در بازار پول و سرمایه برای تامین منابع مالی مورد نیاز استفاده کنند.
- شرکت‌های معدنی با استفاده از فناوری‌های جدید اقدام به بهینه‌سازی، توسعه و اجرای پروژه‌های اکتشاف و استخراج محصولات معدنی نمایند.

#### منابع

1. Farrell, M.J., 1957, "The Measurement of Productive", *Journal of Royal Statistical Society*, 120. part III, 253 – 281.
۲. امامی میبیدی، علی؛ ۱۳۷۹؛ **اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری**، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، شرکت چاپ و نشر بازرگانی، صص ۱۰۶-۱۰۳.