

محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و بررسی تغییرات، کارایی و تکنولوژی بخش آموزش عالی دولتی ایران به روش تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA)

حمیدرضا ناییبی^۲

رضا ابراهیمی^۳

کاظم نقندریان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۴/۲۰

چکیده

آموزش عالی معرف نوع خاصی از سرمایه گذاری در منابع انسانی است که با فراهم آوردن امکان ارتقاء دانش، مهارت و نگرشهای نوین به توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جامعه کمک می کند. آموزش عالی نه تنها موجب ترویج دانش می شود، بلکه پیشرفت های تحقیقاتی، تکنولوژیکی و علمی را نیز به وجود می آورد و از این رو ارزیابی کارایی و رشد بهره وری واحد های متولی این امر نیز از جمله مباحث بسیار مهمی است که امروزه جایگاهی ویژه در بررسی های اقتصادی و اجتماعی کسب نموده است. به

۱- این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه علم و صنعت است.

۲- مدرس دانشگاه علم و صنعت ایران Email: drmayebi@yahoo.com

۳- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع Email: Reza_e_85@yahoo.com

۴- استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران Email: Noghondarian@iust.ac.ir

موجب قانون برنامه چهارم توسعه کشور، پیش بینی می شود بهره وری کل عوامل^۱ (TFP) در کل اقتصاد ایران سالانه ۲/۵ درصد رشد کند. این امر مستلزم شناسایی عوامل موثر بر رشد بهره وری کل عوامل می باشد که در بند الف ماده ۵ این قانون برای تمام دستگاه های اجرایی ملی و استانی تکلیف شده است. در این مقاله، به منظور پوشش اهداف مذکور، با استفاده از تلفیق تکنیک تحلیل پوشش داده ها^۲ (DEA) و شاخص ترنکوئیست^۳، تغییرات بهره وری کل عوامل^۴ آموزش عالی دولتی ایران طی دوره زمانی ۸۴-۱۳۷۵ و همچنین نقش تغییرات کارایی^۳ تغییرات تکنولوژیکی در این تغییرات مورد بررسی قرار گرفته است. یافته های این تحقیق حکایت از آن دارد که عمده تغییرات بهره وری کل عوامل، به سبب تغییرات در تکنولوژی بوده است و تغییرات کارایی سهم کمتری نسبت به تغییرات تکنولوژی، در تنزل رشد TFP داشته است.

واژه های کلیدی: بهره وری کل عوامل (TFP)، تحلیل پوششی داده ها، شاخص ترنکوئیست، آموزش عالی دولتی ایران

مقدمه

در عصر حاضر، دستیابی به رشد اقتصادی از طریق ارتقاء بهره وری از مهمترین اهداف اقتصادی کشورها به شمار می آید. ارتقای بهره وری با استفاده بهینه از عوامل تولید حاصل می گردد و در نیل به رشد اقتصادی مستمر و توسعه پایدار نقش مهمی را ایفا می نماید. توسعه علمی یک کشور مستلزم ارتقای بهره وری و حرکت آنها براساس موازین و معیارهای پذیرفته شده علمی است. برای نیل به این وظیفه قانونی و ملی بایستی به روشهای صحیح و تجربه شده ای دست یافت که استمرار توسعه کمی و کیفی دانشگاهها همراه با به کارگیری نیروهای متخصص برای ارتقای بهره وری تضمین گردد. این مسئولیت مهم از بزرگترین وجوه تحقق رشد اقتصادی جامعه است.

1- Total Factor Productivity
2- Data Envelopment Analysis
3- Tornqvist index
4- Total Factor Productivity

بهره‌وری به معنی استفاده بهینه از منابع و دستیابی به تولید بیشتر با منابع معین می‌باشد. ارتقای بهره‌وری به عنوان یکی از منابع مهم تامین رشد اقتصادی و افزایش رقابت پذیری سازمان‌ها مورد توجه است، به گونه‌ای که کشور های صنعتی و در حال توسعه موفق بخش قابل ملاحظه‌ای از رشد تولید خود را از این طریق به دست آورده‌اند.

در کشور ما، همگام با درخواست عمومی، تقاضا برای دستیابی به آموزش عالی افزایش یافته است. با توجه به نقشی که دانشگاهها در تولید علم و تکنولوژی و پیشرفت علمی هر جامعه به عهده دارند و نقش محوری که در فرآیند توسعه هر کشور ایفا می‌کنند، نگاه صاحب نظران به عرضه و تقاضای آموزش عالی صرفاً یک نگاه ویژه است. توجه به حفظ و ارتقای کیفیت دانشگاهها در ابعاد مختلف در کنار رشد کمی آنها یکی از دغدغه‌های اصلی صاحب نظران کشور برای تامین منابع مالی و توسعه در آموزش عالی بوده است. از این رو، بحث ارزیابی دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی بحث چالش برانگیزی در حوزه مجادلات صاحب نظران بوده است و شیوه‌های گوناگونی پیشنهاد شده و مورد آزمون قرار گرفته است. این امر به تدریج دانشگاهها و صاحب نظران را به سوی یافتن راههای صحیح و اصولی و با قاعده در مورد نحوه اطمینان یابی از عملکرد آموزش عالی کشانده است. شیوه‌ای که بیش از همه برای اطمینان از عملکرد آموزشی و پژوهشی و ارائه خدمت مورد توجه قرار گرفته است، شیوه‌ای است که امروزه تحت عنوان کارایی و شاخص های بهره‌وری از آن نام برده می‌شود (ابراهیمی ۱۳۸۷، ص ۳).

با توجه به نقش بسیار مهم ارتقای بهره‌وری در تامین رشد اقتصادی، در برنامه چهارم توسعه کشور آمده است که همه دستگاه‌های اجرائی مکلفند سهم ارتقای بهره‌وری در رشد تولید مربوط را تعیین کرده و الزامات و راهکارهای لازم برای تحقق آنها را برای تحول کشور از یک اقتصاد نهاده محور به یک اقتصاد بهره‌ور محور مشخص نمایند، به طوری که سهم بهره‌وری کل عوامل در رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) ۳۱ درصد و متوسط رشد سالیانه بهره‌وری نیروی کار، سرمایه و کل عوامل تولید به ترتیب به مقادیر حداقل به ۳/۵، ۱ و ۲/۵ درصد برسد. لذا لزوم تعیین رشد بهره‌وری کل عوامل و عوامل تأثیر گذار بر آن در بخش آموزش عالی کشور، با توجه به این قانون و موارد ذکر شده، کاملاً مشخص می‌شود.

رشد بهره‌وری کل عوامل (TFP) در برنامه چهارم توسعه کشور برای کل اقتصاد ۲/۵٪. در نظر گرفته شده است و سهم بخش آموزش عالی باید توسط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مشخص گردد. با استفاده از یافته‌های این طرح امکان ظرفیت‌سنجی رشد بهره‌وری در آموزش عالی از طریق افزایش کارایی (Efficiency)، یا تکنولوژی (Technology) با تفکیک در هر دو بخش دولتی و خصوصی در طول سال‌های برنامه چهارم فراهم می‌گردد. همچنین نکته حائز اهمیت در این قانون، مشخص شدن مقدار کمی برای شاخص‌های بهره‌وری است، که به طور مشخص سؤالات زیر را ایجاد می‌نماید:

۱. چگونه می‌توان بهره‌وری یک سازمان را اندازه‌گیری کرد؟

۲. آیا روش‌هایی برای مشخص نمودن عوامل تاثیر گذار بر بهره‌وری وجود دارد و چگونه می‌توان از آنها برای بهبود بهره‌وری استفاده نمود؟

بنابراین، در این مقاله، سعی شده تا به این گونه سؤالات پاسخ داده شود و بستری برای پوشش الزامات قانونی ایجاد گردد.

شاخص مالم کوئیست^۱ یکی از شاخص‌هایی است که در بررسی رشد بهره‌وری کل عوامل همواره مورد توجه تحلیل‌گران اقتصادی بوده است. این شاخص ابتدا در سال ۱۹۵۳ به عنوان شاخص استاندارد زندگی معرفی و در سال ۱۹۸۲ برای اولین بار در تئوری تولید به کار گرفته شد. (کی‌وس و چریستین سن و دایورت^۲). در سال ۱۹۸۹ فار^۳ و همکاران، به منظور محاسبه شاخص مالم کوئیست از تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند. و سپس در سال ۱۹۹۲، این شاخص را به دو عامل تغییر در کارایی و تغییر در تکنولوژی تجزیه کردند.

محاسبه شاخص مالم کوئیست با بهره‌گیری از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، بر اساس مقایسه رشد بهره‌وری تعدادی تصمیم‌گیرنده^۴ (DMU)، در طی دو دوره انجام می‌پذیرد، اما در حالتی که داده‌ها فقط شامل یک واحد تصمیم‌گیرنده و هدف محاسبه رشد

1- Malmquist index

2- Caves, Chistensen, Diewert

3- Fare

4- Decision Making Unit

بهره‌وری این واحد در طول زمان باشد، این شاخص از محاسبه رشد بهره‌وری ناتوان است. در این مقاله، به منظور پوشش هدف مذکور، با بهره‌گیری از شاخص تورنکوئیست و تلفیق آن با مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، مدلی جدید به منظور محاسبه شاخص رشد بهره‌وری کل عوامل معرفی و تشریح می‌شود. بنابراین، ابتدا، در بخش دوم به ارائه تعاریف و مفاهیم به کار گرفته شده در بخش سوم پرداخته می‌شود. سپس در بخش ۳ و ۴، روشی با استفاده از تلفیق شاخص تورنکوئیست و مدل‌های DEA معرفی می‌شود. در فصل ۵، به مطالعات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. سپس از مدل ذکر شده به منظور محاسبه بهره‌وری کل عوامل بخش آموزش عالی دولتی ایران طی دوره زمانی ۸۴-۱۳۷۵ استفاده شده، و سهم رشد کارایی و تغییرات تکنولوژی در رشد بهره‌وری این بخش اقتصادی مشخص می‌شود. و در آخرین بخش، به نتیجه‌گیری خواهیم پرداخت.

۲- تعاریف و مفاهیم

از اهداف مهم این مطالعه، ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل بخش آموزش عالی دولتی ایران طی دوره زمانی ۸۴-۱۳۷۵ می‌باشد. همچنین نقش تغییرات کارایی^۱ و تغییرات تکنولوژیکی^۲ در این تغییرات مورد بررسی قرار می‌گیرد. به طور کلی، برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید از دو نوع روش پارامتری (روش اقتصادسنجی^۳) و روش غیرپارامتری^۴ استفاده می‌شود. در روش پارامتری از یک تابع تولید، هزینه یا سود جمعی استفاده می‌گردد. در دیگر، شاخص بهره‌وری با استفاده از برنامه ریزی ریاضی یا محاسبه عدد شاخص محاسبه می‌شود (علیرضایی، افشاریان و آنالویی ۱۳۸۶، ص ۱۷۹).

از آنجا که بهره‌وری جزء یا بهره‌وری عامل مشخص تولید^۵، آثار دیگر عوامل مورد استفاده در فرآیند تولید را نادیده می‌گیرد و تغییرات ایجاد شده در سایر نهادها را به

1- Efficiency change

2- Technological change

3- Econometric approach

4- Non-parametric approach

5- Partial productivity or Factor Specific Productivity (FSP)

حساب یک نهاد خاص می گذارد، شاخص بهره وری کل عوامل معیار مناسب تری برای نشان دادن عملکرد بهره وری در واحد تولیدی یا بخش اقتصادی محسوب می گردد این مساله از آن جا ناشی می شود که معیار بهره وری کل عوامل کمیابی عوامل تولیدی را از نظر اقتصادی لحاظ می کند . به این معنی که بهبود بهره وری بایستی منجر به صرفه جویی در استفاده از کلیه نهاد ها در تولید مقدار معینی از محصول گردد.

فرض کنیم واحد تصمیم گیرنده P دارای ورودی های $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ و خروجی های $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$ باشد. اگر قیمت ورودی ها و خروجی ها به ترتیب برابر $R=(r_1, r_2, \dots, r_n)$ و $Q=(q_1, q_2, \dots, q_m)$ باشند، آنگاه درآمد کل و هزینه کل این واحد به

صورت زیر تعریف می شود:

$$TC(P) = \sum_{i=1}^n r_i x_i \quad (1)$$

$$TR(P) = \sum_{j=1}^m q_j y_j \quad (2)$$

نسبت درآمد کل به هزینه کل در یک واحد تصمیم گیرنده شاخص بهره وری کل عوامل نام دارد، بنابراین با استفاده از تعریف قبل داریم:

$$TFP = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_j}{\sum_{i=1}^n r_i x_i} \quad (3)$$

لذا بهره وری کل عوامل نشان دهنده نرخ تبدیل هزینه کل به درآمد کل است: (۴)

$$\sum_{j=1}^m q_j y_j = TFP \times \sum_{i=1}^n r_i x_i \Rightarrow TR = TFP \times TC$$

مقدار تغییر نسبی یک خروجی به ازای یک درصد تغییر در یک ورودی کشش آن

ورودی در خروجی نامیده می شود بنابراین داریم:

$$E_{ij} = \frac{\delta Y_i}{\delta X_j} \times \frac{X_j}{Y_i} \quad (5)$$

که در آن E_{ji} مقدار کشش ورودی (X_j) ، در خروجی (Y_i) است.

۳- تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

پایه گذار روش های ناپارامتری در محاسبه TFP و ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده، اقتصاد دانی به نام فارل^۱ بود. او در سال ۱۹۵۷ سیستمی شامل دو ورودی و یک خروجی را مورد بررسی قرار داد و به تحلیل بهره‌وری واحد‌ها با یک روش ناپارامتری پرداخت. در سال ۱۹۷۸، چارنز، کوپر و رودز، با استفاده از برنامه ریزی ریاضی روش ناپارامتری فارل را برای سیستمی با ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه تعمیم دادند و عنوان تحلیل پوششی داده‌ها از این زمان به مجموعه مدل‌های توسعه یافته برنامه ریزی ریاضی در این زمینه داده شد. مدل چارنز، کوپر و رودز که در آن بازده به مقیاس ثابت فرض می‌شود، به نام CCR معروف شد. در سال ۱۹۸۴، بنکر^۲، چارنز و کوپر روش CCR را برای حالت‌های بازده به مقیاس متغیر تعمیم دادند، که مدل پیشنهادی آن‌ها به نام BCC معروف شد.

در ادامه به چگونگی محاسبه کارائی و همچنین به دست آوردن کشش‌ها، با بهره‌گیری از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، می‌پردازیم.

۳-۱- محاسبه کارایی با بهره‌گیری از مدل‌های DEA

با توجه به تعاریف قبل، بهره‌وری کل عوامل از نسبت درآمد کل به هزینه کل به دست می‌آید. در روش‌های پارامتری برای محاسبه کارائی از تابعی که رابطه ورودی‌ها با خروجی‌ها را نشان می‌دهد استفاده می‌شود. البته قبل از امکان استفاده از این تابع پارامترهای آن تخمین زده می‌شود. اما در به کارگیری مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل استفاده از برنامه ریزی ریاضی برای محاسبه کارائی نیازی به تعیین پیشاپیش تابع تولید و در نتیجه تعیین وزن‌ها وجود ندارد، بلکه در این روش در یک فضای رقابتی به تعیین وزن‌هایی بهینه به منظور محاسبه درآمد کل و هزینه کل پرداخته می‌شود. به عبارت دقیق‌تر، مدل‌های رقابتی که با بهره‌گیری از واحدهای تحت بررسی ایجاد می‌شود، وزن‌هایی را به صورت اختصاصی به هر واحد تخصیص می‌دهند و کارایی هر واحد بر مبنای وزن‌های غیر ثابت و اختصاصی محاسبه می‌شود. لذا کارایی محاسبه شده با این مدل‌ها،

1- Farrel

2- Banker

صورت مقایسه ای پیدا می کند، بنابراین نه تنها مقدار کارایی به دست آمده بیانگر نرخ تبدیل هزینه کل به درآمد کل است، بلکه قابلیت مقایسه ای آن می تواند در رتبه بندی واحد های تصمیم گیرنده، بر اساس کارایی بالاتر، مفید واقع شود.

فرض کنیم n واحد تصمیم گیرنده داشته باشیم که هر یک شامل m ورودی و s خروجی هستند. ماتریس $m \times n$ ورودی ها را با X و ماتریس $s \times n$ خروجی ها را با Y نشان می دهیم. به علاوه X_j و Y_j به ترتیب بردار ورودی و خروجی واحد j ام را نشان می دهند. لذا مدل محاسبه کارایی با ویژگی خروجی محور و بازده به مقیاس ثابت، عبارت است از:

$$(6) \quad \begin{aligned} & (EFF_p =) \text{Max } z = \frac{U^T \times Y_p}{W^T \times X_p} \\ & s.t \quad U^T Y_j - W^T X_j \leq 0 \\ & W^T X_p = 1 \\ & W \geq \varepsilon, U \geq \varepsilon \end{aligned}$$

که در آن U و W ، به ترتیب، وزن های ورودی ها و خروجی ها هستند، همچنین ε یک بی نهایت کوچک غیر ارشمیدسی^۱ است که برای ملاحظات محاسباتی وارد مدل شده است. مدل معرفی شده، برای هر DMU_p که $p=1, 2, \dots, n$ یک بار اجرا می شود و در آن مقدار به دست آمده از تابع هدف، برابر با مقدار کارایی واحد p ام است. بنابراین واحدی بهترین کارایی ممکن را داراست که مقدار EFF آن برابر ۱ باشد. در غیر این صورت، واحد مذکور ناکاراست و میزان ناکارایی آن برابر مقدار EFF به دست آمده از تابع هدف است.

۳-۲- محاسبه کششها با بهره گیری از مدل های DEA

فرض کنیم n واحد تصمیم گیرنده موجود باشد. مدل با بازده به مقیاس ثابت (CCR) را در نظر می گیریم. فرض کنیم سطر تابع هدف، در مدل محاسبه کارایی برای واحد تصمیم گیرنده p ام، به صورت زیر باشد:

$$(7) \quad EFF_p = \frac{\sum_j q_{jp} y_{jp}}{\sum_i r_{ip} x_{ip}} = \frac{TR_p}{TC_p}$$

^۱ -Non-Archimedean Infinitesimal

که در آن EFF واحد p، رابطه بین هزینه کل و درآمد کل را نشان می‌دهد، پس می‌توان نوشت:

$$(8) \quad (TP_p) = EFF_p \times (TC_p)$$

بنابراین کشش ورودی i در درآمد کل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(9) \quad \left\{ \begin{aligned} TR_p &= EFF_p \times \sum_i r_{ip} x_{ip} \\ ex_{ip} &= \frac{\delta TR_p}{\delta x_{ip}} \times \frac{x_{ip}}{TR_p} = EFF_p \times r_p \times \frac{x_{ip} \frac{\delta TR_p}{\delta x_{ip}}}{EFF_p \times \sum_i r_{ip} x_{ip}} = \frac{EFF_i \times x_{ip}}{\sum_i r_{ip} x_{ip}} \end{aligned} \right.$$

بنابراین، کشش ورودی i ام در هزینه کل بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$(10) \quad \sum_i ex_{ip} = 1 \quad \text{و} \quad ex_{ip} = \frac{r_{ip} x_{ip}}{\sum_i r_{ip} x_{ip}}$$

و به همین صورت، کشش خروجی ج ام در هزینه کل محاسبه می‌شود:

$$(11) \quad \sum_j ey_{jp} = 1 \quad \text{و} \quad ey_{jp} = \frac{q_{jp} y_{jp}}{\sum_j q_{jp} y_{jp}}$$

مزیت اصلی محاسبه کشش‌ها به وسیله مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، به فضای رقابتی ایجاد شده بین واحدها برمی‌گردد. به عبارت دیگر، کشش‌های محاسبه شده در این روش، برای هر واحد تصمیم‌گیرنده، به صورت اختصاصی و در یک فضای رقابتی به دست می‌آید. شایان ذکر است، مقادیر کشش‌های ورودی و خروجی برای هر واحد تصمیم‌گیرنده از نتایج اولیه این روش است و لذا همان طوری که توضیح داده شد، این کشش‌ها، میزان اهمیت هر ورودی یا خروجی را در میزان کارایی نشان می‌دهند (علیرضایی، افشاریان و آنالویی ۱۳۸۶، ص ۱۸۷).

۴- رشد بهره‌وری کل عوامل (TFPG)

شاخص بهره‌وری تورنکوئیست یک ابزار مفید برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل در طی دوره زمانی است و با استفاده از کشش ورودی‌ها و خروجی‌ها به ترتیب در هزینه کل

و درآمد کل به محاسبه رشد بهره وری می پردازد . در ادامه خواهیم دید که با بهره گیری از کتشی های به دست آمده از مدل های DEA ، این شاخص برای هر دوره محاسبه شده و همچنین مانند شاخص مال م کوئیست به دو عامل تغییرات کارایی و تغییرات تکنولوژی تقسیم خواهد شد، شایان ذکر است که، مزیت اصلی استفاده از این شاخص محاسبه رشد TFP بدون نیاز به داده هایی خاص (چند واحد تصمیم گیرنده) است، به عبارت دیگر، این روش قابلیت محاسبه رشد TFP را با وجود حتی یک واحد تصمیم گیرنده داراست.

بنابراین فرض می کنیم این واحد در سال k ام (دوره پایه)، دارای بردار ورودی $X^k=(x_1^k, x_2^k, \dots, x_m^k)$ و بردار خروجی $Y^k=(y_1^k, y_2^k, \dots, y_s^k)$ و در دوره $k+1$ ام، به ترتیب دارای بردار ورودی $X^{k+1}=(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_m^{k+1})$ و بردار خروجی $Y^{k+1}=(y_1^{k+1}, y_2^{k+1}, \dots, y_s^{k+1})$ باشد. بنابراین اگر وضعیت این واحد در هر سال، به عنوان یک واحد تصمیم گیرنده در نظر گرفته شود و مدل DEA با بازده به مقیاس ثابت و خروجی محور را در نظر بگیریم، آنگاه شاخص مقداری ورودی تورنکوئیست به صورت زیر تعریف و محاسبه می شود:

$$(12) \quad \sum_{i=1}^m ex_i = 1 \quad \text{و} \quad TQ_x = \prod_{i=1}^m \left(\frac{x_i^{k+1}}{x_i^k} \right)^{ex_i}$$

جائی که ex_i ، به صورت میانگین هندسی از کتشی ورودی i ام در درآمد کل، یک بار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ محاسبه می شود.

$$(13) \quad ex_i^{k+1} = \frac{r_i^{k+1} x_i}{\sum_i r_i^{k+1} x_i} \quad \text{و} \quad ex_i^k = \frac{r_i^k x_i}{\sum_i r_i^k x_i}$$

در حقیقت، مقدار TQ_x ، بیانگر تغییرات ورودی در طی دو سال است، که با استفاده از مقدار کتشی هر ورودی در درآمد کل محاسبه می شود . به همین صورت، می توانیم شاخص مقداری خروجی تورنکوئیست را تعریف و محاسبه نمائیم:

$$(14) \quad \sum_{j=1}^s ey_j = 1 \quad \text{و} \quad TQ_y = \prod_{j=1}^s \left(\frac{y_j^{k+1}}{y_j^k} \right)^{ey_j}$$

که در آن ey_j ، به صورت میانگین هندسی از کشش خرو جی زام در هزینه کل، یک بار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ محاسبه می‌شود.

$$(۱۵) \quad ey_j^{k+1} = \frac{q_j^{k+1} y_j}{\sum_j q_j^{k+1} y_j} \quad \text{و} \quad ey_j^k = \frac{q_j^k y_j}{\sum_j q_j^k y_j}$$

لذا مقدار TQ_y ، بیانگر تغییر خروجی در طی دو سال است، که با بهره‌گیری از کشش هر خروجی در هزینه کل محاسبه می‌شود. بنابراین با تعاریف قبل، شاخص رشد بهره‌وری کل عوامل تورنکوئیست در طی گذر از دو سال، k و $k+1$ عبارت است از:

$$(۱۶) \quad TFPG_{k,k+1} = \frac{TQ_y}{TQ_x} \quad \text{رشد بهره‌وری کل عوامل}$$

و همچنین تغییر کارایی (EC) در طی عبور از دو سال k و $k+1$ به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$(۱۷) \quad EC_{k,k+1} = \frac{EFF_{k+1}}{EFF_k} \quad \text{تغییرات کارایی}$$

که صورت کسرکارایی در سال k و مخرج کارایی در سال $k+1$ است. سرانجام تغییرات تکنولوژی (TC) نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$(۱۸) \quad TC_{k,k+1} = \frac{TFPG_{k,k+1}}{EC_{k,k+1}} \quad \text{تغییرات تکنولوژی}$$

با به‌کارگیری مدل تحلیل پوششی داده‌ها و استفاده از شاخص تورنکوئیست، می‌توانیم رشد بهره‌وری کل عوامل یک واحد تصمیم‌گیرنده را در طول دوره‌های متوالی محاسبه کنیم. همچنین نقش تغییر کارایی و تغییر در تکنولوژی در رشد بهره‌وری کل عوامل این واحد، در طی گذر از هر دوره، به راحتی از فرمول‌های مذکور قابل محاسبه و بررسی است. لذا بعد از محاسبه فرمول‌های مربوط به شاخص تورنکوئیست و تجزیه‌های آن در هر دوره، اگر

- چنانچه $TC > 1$ ، آنگاه واحد مذکور در خلال یک دوره پیشرفت تکنولوژی داشته است و هرگاه $TC < 1$ باشد، موضوع برعکس است.
- چنانچه $EC > 1$ ، آنگاه واحد مذکور در یک دوره (دو سال متوالی) افزایش کارایی داشته است و هرگاه $EC < 1$ باشد، کاهش کارایی داشته است.
- و در نهایت، مقدار بیشتر از ۱ در شاخص تورنکوئیست، به معنای رشد TFP در یک دوره (دو سال متوالی) است و مقدار کمتر از ۱، رشد منفی رانشان می دهد.

۵- پیشینه تحقیق

ارزیابی عملکرد بخش آموزش عالی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ چرا که این بخش سهم بسزایی در رشد و توسعه کشور دارد و می طلبد که نظارت بیشتری بر عملکرد آن صورت گیرد. روش DEA با توجه به توانایی های خود قادر به انجام دادن این کار است. در این بخش به کارهای انجام شده در این زمینه اشاره می شود.

همه مطالعات انجام شده در زمینه بهره وری آموزش عالی به محاسبه کارایی فنی و مقیاس واحد های مربوط این بخش پرداخته اند. از جمله مهمترین تحقیقات خارجی که در زمینه ارزیابی عملکرد در بخش آموزش عالی انجام شده است می توان به مطالعه آقای کولی^۱ (۱۹۹۶) در استرالیا اشاره نمود. در این مطالعه، محقق به ارزیابی کارایی فنی و مقیاس ۳۶ دانشگاه در استرالیا پرداخته است. میانگین کارایی فنی و مقیاس برای مجموعه دانشگاههای مورد بررسی به ترتیب برابر ۹۵,۵ و ۹۶,۶ درصد بوده و نزدیک به ۲۶ درصد از دانشگاهها در وضعیت بازدهی کاهنده به مقیاس فعالیت می کرده اند.

آتاناسوپولوس و شیل^۲ (۱۹۹۷) با توجه به اطلاعات آماری سال تحصیلی ۱۹۹۲-۳ با استفاده از دو مدل متفاوت به بررسی کارایی فنی هزینه و کارایی فنی محصول تعداد ۴۵ دانشگاه با سابقه انگلستان پرداختند. در مدل اول متوسط میزان کارایی دانشگاه ها تحت

1- Coelli

2- Athanassopoulos & Shale

فروض بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس به ترتیب برابر $90/4$ و $95/4$ درصد بوده است و در مدل دوم نیز متوسط کارایی به ترتیب درحالت‌های فوق برابر $97/2$ و $98/2$ درصد بوده است. در مطالعه دیگری، فلگ و همکاران (۲۰۰۳) به ارزیابی کارایی و رشد بهره‌وری تعدادی از دانشگاه‌های انگلستان با استفاده از شاخص مالم کوئیست و برای دوره زمانی ۱۹۹۳-۱۹۸۰ پرداخته‌اند و برای هر سال تحصیلی میزان کارایی فنی و رشد بهره‌وری و اجزا آنرا ارائه نموده‌اند.

با توجه به اینکه هدف از این تحقیق ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل بخش آموزش عالی دولتی ایران، و همچنین نقش تغییرات تکنولوژیکی و تغییر کارایی در این تغییرات، با استفاده از روش تلفیقی شاخص ترنکوئیست و تحلیل پوششی داده‌ها است، تاکنون مطالعه‌ای با استفاده از این روش در بخش آموزش عالی کشور انجام نشده است. اما از جمله مطالعات داخلی که در رابطه با ارزیابی کارایی دانشگاه‌های کشور وجود دارد می‌توان به مطالعه سامتی، رضوانی (۱۳۸۰) اشاره نمود که در آن کارایی فنی تعداد ۳۶ دانشگاه بزرگ دولتی تحت دو فرض بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس محاسبه شده است. میانگین کارایی واحدهای مورد بررسی تحت دو فرض یاد شده به ترتیب برابر $80/8$ و $85/8$ درصد بوده است. فتحی (۱۳۸۲) با انتخاب ۱۵ واحد دانشگاه آزاد اسلامی در منطقه (۸) کشور به محاسبه کارایی فنی این واحدها پرداخته است. نتایج بیانگر آن است که از میان ۱۵ واحد کارا، ۷ واحد ناکارا و یک واحد تقریباً ناکارا بوده است.

شایان ذکر است که علیرضایی، افشاریان، آنالویی (۱۳۸۶)، در مطالعه‌ای به محاسبه رشد TFP در صنعت برق، با استفاده از روش به کار رفته در این تحقیق پرداخته‌اند. (به منظور کسب توضیحات مشروح تر به علیرضایی، افشاریان و آنالویی (۱۳۸۶) مراجعه نمایید)

۶- محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل بخش آموزش عالی دولتی ایران

در برنامه چهارم توسعه آمده است که همه دستگاه‌های اجرائی مکلفند سهم ارتقای بهره‌وری در رشد تولید مربوط را تعیین کرده و الزامات و راهکارهای لازم برای تحقق آن‌ها را برای تحول کشور از یک اقتصاد نهاده محور به یک اقتصاد بهره‌ور محور مشخص نمایند، به طوری که سهم بهره‌وری کل عوامل در رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) ۳۱ درصد و

متوسط رشد سالیانه بهره‌وری نیروی کار، سرمایه و کل عوامل تولید به ترتیب به مقادیر حداقل به ۳/۵، ۱ و ۲/۵ درصد برسد. لذا لزوم تعیین رشد بهره‌وری کل عوامل و عوامل تأثیر گذار بر آن، با توجه به این قانون، کاملاً مشخص می‌شود.

در این بخش می‌خواهیم مدل معرفی شده در بخش قبل را به منظور محاسبه رشد TFP بخش آموزش عالی دولتی ایران، طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴، به کار گیریم. همچنین تأثیر تغییرات کارایی و تغییرات در تکنولوژی را در رشد TFP این بخش بررسی کنیم. داده‌ها شامل دو ورودی و یک خروجی است. ورودی‌ها به ترتیب بیانگر موجودی سرمایه ثابت و نیروی کار و خروجی مقدار ارزش افزوده بخش آموزش عالی دولتی طی سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ است. در جدول ۱، داده‌ها به تفکیک سال‌های مختلف آمده است.

ارزش افزوده و موجودی سرمایه به قیمت ثابت ۷۶ و همچنین تعداد شاغلان بخش آموزش عالی دولتی ایران برای دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ براساس تحقیق انجام شده توسط این محقق به دست آمده است. (برای کسب توضیحات مشروح تر به مرجع (ابراهیمی ۱۳۸۷، ص ۷۶) مراجعه نمایید). شایان ذکر است که داده‌ها بر مبنای مقادیر ارزش افزوده، موجودی سرمایه و نیروی کار در سال اول نرمال شده‌اند.

جدول ۱- داده‌های نرمال شده بخش آموزش عالی دولتی ایران

سال	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴
ارزش افزوده	۱۰۰	۱۱۵	۱۲۲	۱۲۲	۱۲۸	۱۴۳	۱۵۴	۱۷۹	۱۹۵	۲۰۹
موجودی سرمایه	۱۰۰	۱۱۷	۱۲۱	۱۲۰	۱۲۷	۱۲۹	۱۲۶	۱۳۷	۱۳۸	۱۴۲
نیروی کار	۱۰۰	۱۱۸	۱۲۴	۱۲۶	۱۳۱	۱۴۴	۱۵۷	۱۸۹	۲۰۹	۲۳۰

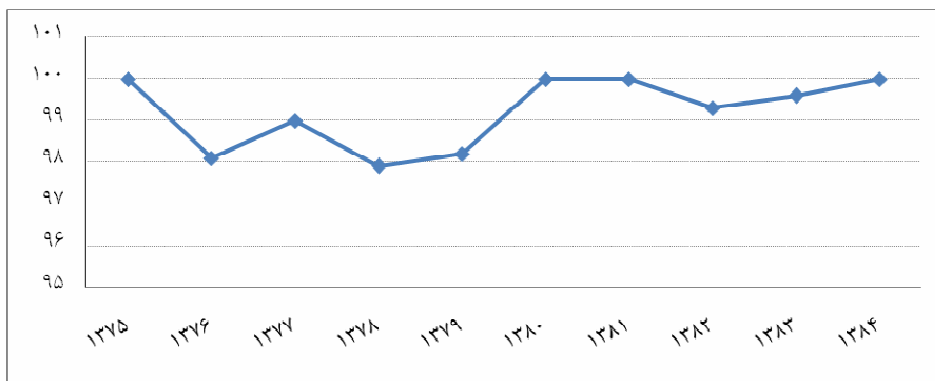
برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل و همچنین تغییرات کارایی و تکنولوژی آن، اولین گام محاسبه کارایی (EFF) است. با استفاده از مدل DEA در حالت بازده به مقیاس

ثابت و خروجی محور و براساس روابط در بخش (۳-۱) و با استفاده از رابطه (۶) کارایی محاسبه شده است. بنابراین در رابطه (۶) $n=1$ ، $m=2$ و $s=1$ می‌باشند. شایان است که به منظور محاسبه کارایی از نرم افزار آنلاین سایت (www.deaos.ir) استفاده شده است. کارایی یا بهره‌وری کل عوامل آموزش عالی دولتی ایران طی ۱۰ سال ۸۴-۱۳۷۵، در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- کارایی بخش آموزش عالی دولتی ایران

سال	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴
شاخص TFP	۱۰۰.۰	۹۹.۱	۹۹.۰	۹۷.۹	۹۸.۲	۱۰۰.۰	۱۰۰.۰	۹۹.۳	۹۹.۶	۱۰۰.۰

به منظور بررسی دقیق‌تر، نمودار کارایی آموزش عالی دولتی ایران، به تفکیک هر سال در نمودار ۱، ارائه شده است



نمودار ۱- روند شاخص کارایی آموزش عالی دولتی ایران

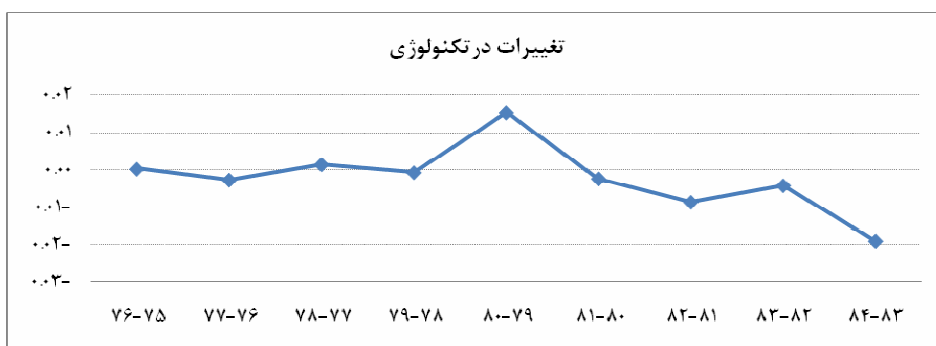
گام بعدی محاسبه کشش‌های عوامل ورودی و خروجی است. با استفاده از روابط بخش (۳-۲)، برای بخش آموزش عالی دولتی ایران کشش نیروی کار ۰/۸۵ و کشش سرمایه ۰/۱۵ به دست آمد. با استفاده از روش پارامتری تابع تولید کب-داگلاس نیز همین نتایج حاصل گردید. این موضوع بیانگر این مطلب است که اتکای تولید در بخش آموزش عالی دولتی بر نیروی کار استوار است. ضریب به دست آمده ۰/۸۵ درصد گویای

این مطلب است. با استفاده از این کشش ها می توان تغییرات ورودی ها و خروجی و در نتیجه رشد بهره وری کل عوامل (TFPG) را محاسبه نمود. (رابطه (۱۶))
در ادامه، در این قسمت، با استفاده از مدل ارائه شده در بخش ۴، رشد بهره وری و تجزیه آن به تغییرات کارائی و تغییرات در تکنولوژی در بخش آموزش عالی دولتی ایران محاسبه و نتایج در جدول ۳، ارائه شده است.

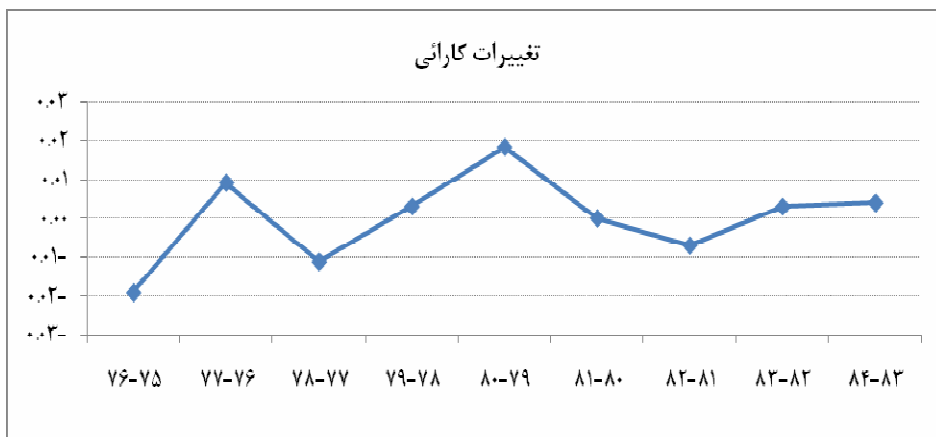
جدول ۳- رشد TFP و تغییرات کارائی و تغییرات در تکنولوژی در بخش آموزش عالی دولتی ایران

دوره	رشد TFP	تغییرات کارائی	تغییرات در تکنولوژی
۷۵-۷۶	۰.۹۸۱۲	۰.۹۸۱۰	۱.۰۰۰۲
۷۶-۷۷	۱.۰۰۶۳	۱.۰۰۹۲	۰.۹۹۷۲
۷۷-۷۸	۰.۹۹۰۲	۰.۹۸۸۹	۱.۰۰۱۴
۷۸-۷۹	۱.۰۰۲۳	۱.۰۰۳۱	۰.۹۹۹۲
۷۹-۸۰	۱.۰۳۳۹	۱.۰۱۸۳	۱.۰۱۵۳
۸۰-۸۱	۰.۹۹۷۵	۱.۰۰۰۰	۰.۹۹۷۵
۸۱-۸۲	۰.۹۸۴۳	۰.۹۹۳۰	۰.۹۹۱۲
۸۲-۸۳	۰.۹۹۸۷	۱.۰۰۳۰	۰.۹۹۵۷
۸۳-۸۴	۰.۹۸۴۸	۱.۰۰۴۰	۰.۹۸۰۹

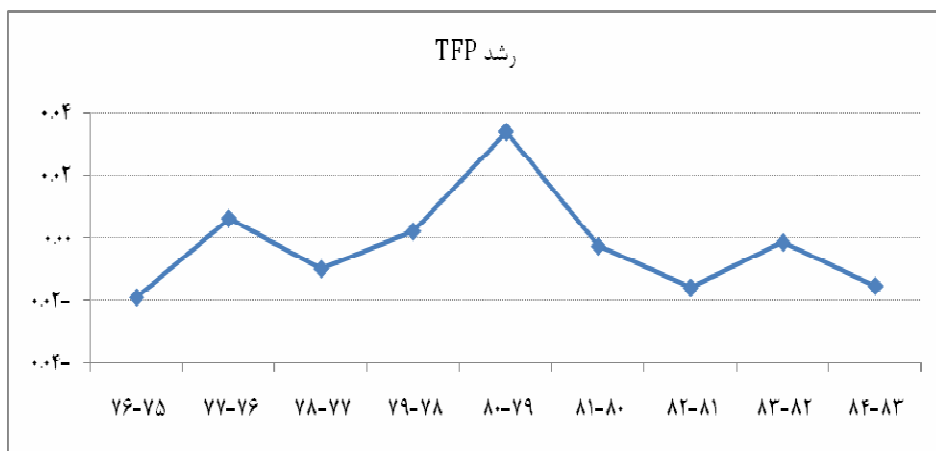
برای بررسی دقیق تر، نتایج جدول ۳، در نمودارهای ۳، ۲ و ۴ نشان داده شده است.



نمودار ۲- تغییرات در تکنولوژی در بخش آموزش عالی دولتی ایران



نمودار ۳- تغییرات کارائی در بخش آموزش عالی دولتی ایران



نمودار ۴- رشد TFP در بخش آموزش عالی دولتی ایران

با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین رشد بهره‌وری کل عوامل مربوط به دوره ۸۰-۱۳۷۹ می‌باشد. در این دوره، آموزش عالی دولتی ایران ۳/۲٪ رشد در TFP داشته است. این میزان رشد در این دوره به واسطه ۱/۵٪ رشد در تغییرات در تکنولوژی و ۱/۸٪ رشد کارائی بوده است. با توجه به نمودار ۳، در دوره ۸۱-۱۳۸۰ تغییرات کارائی صفر می‌باشد. در حالی که در این دوره عدم پیشرفت در تکنولوژی باعث رشد منفی در بهره‌وری کل عوامل شده است.

به طور کلی، طی این ۱۰ دوره، بهره‌وری کل عوامل در اکثر سالها از جمله سال‌های انتهایی دارای رشد منفی می‌باشد. در حقیقت، علت اصلی این رشد تغییرات منفی در تکنولوژی می‌باشد، و کارایی سهم اندکی در تغییرات منفی بهره‌وری داشته است. در مجموع، افزایش بهره‌وری از طریق تدوین صحیح یک استراتژی مناسب و همچنین ارزیابی مستمر و در نهایت اجرای متناسب آن تحقق می‌پذیرد. لذا، روش‌های اندازه‌گیری رشد بهره‌وری می‌تواند در کنار ساختارها و برنامه‌های بهبود بهره‌وری قرار گرفته و در هر دوره این گونه برنامه‌ها را ارزیابی کند. بنابراین، با بهره‌گیری از روش پیشنهادی در ارزیابی استراتژی بهبود بهره‌وری در دوره‌های گذشته و همچنین ارائه راهکارهای منطقی در بهبود بهره‌وری در دوره‌های بعد، می‌توان در جهت ارتقای بهره‌وری و همچنین تحقق مقادیر ذکر شده در قانون برنامه چهارم توسعه گام برداشت.

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به الزامات قانون برنامه چهارم توسعه در خصوص افزایش ۲/۵ درصدی در رشد سالیانه بهره‌وری کل عوامل در سازمان‌ها و دستگاه‌های اجرایی، در این مطالعه، با استفاده از روش‌های ناپارامتری، تغییرات بهره‌وری کل عوامل (TFP) در زیر بخش آموزش عالی دولتی طی دوره زمانی ۸۴-۱۳۷۵ و همچنین نقش تغییرات کارایی و تغییرات تکنولوژیکی در این تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. در روش‌های ناپارامتری، شاخص‌های رشد بر اساس مقایسه تعدادی واحد تصمیم‌گیرنده و در طول زمان محاسبه می‌شود. اما در حالتی که فقط یک واحد تصمیم‌گیرنده موجود باشد، تکنیک‌های موجود جوابگوی نیاز ما، به منظور بررسی رشد TFP و تجزیه‌های آن، نخواهد بود. لذا در این مقاله با استفاده از شاخص ترنکوئیست و تلفیق آن با مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها این امر صورت گرفت. مهمترین ویژگی این روش محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل یک واحد تصمیم‌گیرنده در طول زمان است.

با استفاده از یافته‌های این طرح برای اولین بار "موجودی سرمایه ثابت" کلیه دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی دولتی بر پایه اطلاعات رسمی خزانه داری کشور مربوط به بیش از ۴۰ سال قبل از ۱۳۸۴ محاسبه گردید. از طرف دیگر، باز هم برای اولین

بار نظام محاسبه شاخصهای بهره‌وری سازگار با قانون برنامه توسعه در زیر بخش " آموزش عالی دولتی " فراهم گردید که تمام این موارد زمینه اندازه‌گیری و برنامه‌ریزی ارتقای بهره‌وری طی سالهای برنامه چهارم توسعه را فراهم می‌سازد.

نتایج نشان می‌دهد که تغییرات بهره‌وری کل عوامل (TFP) آموزش عالی دولتی در اکثر سال‌های اخیر ۸۴-۱۳۸۱ کاهش یافته و عمده این تغییرات به سبب کاهش در تکنولوژی و دانش فنی بوده و تغییرات کارایی سهم کمتری نسبت به تغییرات تکنولوژی در تنزل رشد TFP داشته است. لذا با توجه به بررسی روند رشد بهره‌وری کل عوامل در طول زمان و عوامل تاثیرگذار بر آن در این مقاله، اهم پیشنهادات و راهکارها برای اجرایی کردن قانون برنامه چهارم توسعه کشور در خصوص سهم رشد بهره‌وری از رشد ارزش افزوده در زیر بخش " آموزش عالی دولتی " به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- استفاده از روش‌های نوین مدیریت همچون « مهندسی ارزش » و « مدیریت پروژه » در دانشگاه‌ها.
- نوسازی تجهیزات و امکانات و جلوگیری از فرسوده‌گی با توجهات اقتصادی، فنی و مالی.
- استفاده بهینه از فضا و مکان‌های آموزشی.
- ارتقای مشارکت مردمی در امر سرمایه‌گذاری در بخش آموزش عالی و کاهش انحصارات و سرعت دادن به روند خصوصی سازی و ایجاد زمینه‌های تشویق رقابت.

بنابراین، محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل با شناختی که از وضعیت عملکرد و بهره‌وری سازمان مورد مطالعه و تأثیر عوامل درون و بیرون سازمان طی چند دوره متوالی به دست می‌دهد، می‌تواند مدیران سازمان را در تدوین اهداف استراتژیک کمک نماید و این اهداف با استفاده از تکنیک‌های مدیریتی مانند کارت امتیازی متوازن (BSC) قابل تبدیل به برنامه‌های عملیاتی خواهند بود.

منابع و ماخذ

۱. ابراهیمی، رضا، (۱۳۸۷) "اندازه گیری بهره وری کل عوامل بخش آموزش عالی دولتی ایران"، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران.
۲. امامی مبینی، علی (۱۳۷۹)، اصول اندازه گیری کارایی و بهره وری، موسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی.
۳. سامتی، مرتضی و رضوانی، محمد علی (۱۳۸۰)، « بررسی کارایی دانشگاه های بزرگ دولتی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۵۹.
۴. علیرضایی، محمد رضا، محسن افشاریان و بیتا آنالویی (۱۳۸۶)، « محاسبه رشد بهره وری کل عوامل کمک مدل های ناپارامتری تحلیل پوششی داده ها، با یک مطالعه موردی در صنعت برق»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، ش. ۷۸، صفحات ۱۷۷ تا ۲۰۶.
۵. فتحی، کیامرث (۱۳۸۲)، « تحلیل پوششی داده ها (مقایسه تطبیقی بین واحد های منطقه هشت)»، همایش مدیریت نوین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز کوه.
6. Alirezaee. M. R.. (2005). The overall assurance interval for the non-Archimedean Epsilon in DEA models; a partition base algorithm. *Applied Mathematics and Computations* 164. 667-674.
7. Athanasso Poulos. A and shale.E(1997): "Assesing the comparartive Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by means of DEA". *Education Econoics* 5(2). 117-125.
8. Alirezaee. M. R.. Afsharian. M. Model Improvement for Computational difficulties of DEA Technique in the Present of Special DMU's. *Applied Mathematics and Computations*. 186 (2007) 1600-1611 .
9. Banker. R.D. Charnes. A. .Cooper.W.W. (1984). " Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. ". *Management Science*. 30. pp. 1078-92 .
10. Caves.D.W..Chirstensen.L. R.. and Dievert. W. E. (1982) "The Economic Theory of Index Number And The Measurment of Input.Output.andProductivity". *Econometrica*. 50. pp. 1393-1414 .
11. Charnes.A. Cooper .W.W. . and Rhodes.E.. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Unit.". *European Journal of Operation Research*. 2. pp. 429-444 .
12. Coelli.T.(1996): Assesing the Performance of Australian universities using DEA. Internal Report. Coelli. T.. Perelman. S. (1999). "A Comparision of Parametric and

- Non-Parametric Distance Function: with Application to European Railways.". European Journal of Operational Research. 21, pp. 641-655.
13. Coelli. T. and Rao.d(2001): Implicit Value shares in malmquist TFP index Numbers. CEPA working papers. no 4/2004.
14. Conter for Efficiency and productivity Analysis, University of new Engeland.
15. Fare. R., Grosskof. S., Lindgren. B., Roos. P. (1992) ."Productivity Changes in Swedish Pharamacies 1980-1989: A non Parametric Approach". Journal of productivity Analysis. 3, pp. 81-97.
16. Farrel. J. M. (1957). "The Measurment of Productivity Efficiency." J. of The Royal Statistical Society, Series A. 120. pp. 253-290.
17. Mehrabian. S., Jahanshahloo, G. R. , Alirezaee, G. R. and Amin .G. R., (2000). "An assurance interval of the non-Archimedean Epsilon in DEA models". *Operations Research*, 48, pp. 344-347 .
18. Tornqvist. (1936). "The bank of Finland's consumption price index." Bank of Finland Monthly Bulletin. 10, pp. 1-8.