فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ـ سال ششم ـ شماره سوم ـ پاییز ۱۳۸۶

تحقق رشد بهره‌وری کل عوامل به کمک مدلهای تعمیم یافته تحلیل پوششی داده‌ها، مطالعه موردی: شرکت ملی نفت ایران

دکتر محمدرضا علیرضایی[۱]
محسن افشاریان[۲]
مسعود خلیلی[۳]

تاریخ دریافت ۸۵/۶/۲۱ تاریخ پذیرش ۸۶/۶/۲۱

چکیده

بهره‌وری کل عوامل[۴] (TFP) معیاری برای محاسبه میزان بهره‌وری در یک سازمان است. بهره‌وری به معنی استفاده بهینه از منابع و دستیابی به تولید بیشتر با منابع معین می‌باشد. ارتقای بهره‌وری به عنوان یکی از منابع مهم تأمین رشد اقتصادی و افزایش رقابت‌پذیری بنگاه‌ها، مورد توجه است؛ به‌گونه‌ای که کشورهای صنعتی و درحال توسعه موفق، بخش قابل ملاحظه‌ای از رشد تولید خود را از این طریق به‌دست آورده‌اند.

دولت در برنامه چهارم توسعه، دستگاه‌های اجرایی را موظف کرده است که سهم ارتقای بهره‌وری در رشد تولید مربوطه را تعیین کرده و الزامات و راهکارهای لازم را جهت تحقق آنها برای تحول کشور از یک اقتصاد ورودی محور به یک اقتصاد بهره‌ور محور مشخص نمایند؛ به‌طوری که سهم بهره‌وری کل عوامل در رشد تولید ناخالص داخلی(GDP) حداقل به ۳۱/۳ درصد و متوسط رشد سالیانه بهره‌وری نیروی کار، سرمایه و کل عوامل تولید به ترتیب به مقادیر حداقل، ۳/۵، ۱ و ۲/۵ درصد برسد.

برای دستیابی به اهداف مذکور در یک سازمان، ابتدا باید میزان بهره‌وری سازمان در دوره‌های گذشته محاسبه شود و سپس عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری شناسایی شده و طوری برنامه‌ریزی گردند که بهره‌وری، در دوره بعد حداقل ۲/۵ درصد افزایش یابد. به منظور پوشش کمی الزام قانونی، در این مقاله روشی بر مبنای شاخصهای رشد بهره‌وری و مدلهای تعمیم یافته تحلیل پوششی داده‌ها[۵] (DEA) معرفی می‌گردد؛ به‌صورتی که، ابتدا میزان بهره‌وری در

---

۱. محمد رضا علیرضائی، استادیار دانشکده ریاضی، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲. محسن افشاریان، دانشجوی دکتری تحقیق در عملیات، دانشکده ریاضی، دانشگاه علم و صنعت ایران afsharian_mohsen@yahoo.com
۳. مسعود خلیلی، دانشجویی دکتری تحقیق در عملیات، دانشکده ریاضی، دانشگاه علم و صنعت ایران

4. Total Factor Productivity
5. Data Envelopment Analysis

دوره‌های گذشته محاسبه شده و بر اساس عوامل مؤثر در تغییرات بهره‌وری، میزان تغییر در ورودیها و خروجیها به منظور تحقق ۲/۵ درصدی رشد بهره‌وری در دورهٔ آتی مشخص می‌شود.

همچنین در یک مطالعه موردی در شرکت ملی نفت ایران، نحوهٔ محاسبه و به‌کارگیری روش مذکور، تشریح خواهد شد.

طبقه بندی JEL: D24, O47, C61

واژگان کلیدی: بهره‌وری کل عوامل، تحلیل پوششی داده‌های معکوس، تغییرات کارآیی، تغییرات تکنولوژی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. مقدمه

در تحلیلهای اقتصادی بنگاه، محاسبه بهره‌وری معمولاً با اهداف زیر صورت می‌گیرد:

۱. اهداف استراتژیک: به منظور پیشرفت در یک بازار رقابتی؛
۲. اهداف تاکتیکی: به منظور بررسی عملکرد بخشهای مختلف؛
۳. اهداف مربوط به برنامه‌ریزی: برای بررسی سود، زیان و تصمیم‌گیری در موارد مختلف؛
۴. اهداف مدیریتی: به منظور توسعه یا تغییر نوع فعالیتها.

یکی از معیارهایی که افزایش آن می‌تواند منجر به پوشش اهداف فوق گردد، بهره‌وری کل عوامل (TFP) است. این شاخص، نشان‌دهنده روند تبدیل هزینه کل به درآمد کل است و لذا افزایش آن در یک سازمان می‌تواند منجر به پیشرفت در بازار رقابتی، بهبود عملکرد بخشهای مختلف، نزدیک شدن هرچه بیشتر به اهداف برنامه‌یزی شده، کاهش هزینه‌ها، افزایش درآمد، بهبود کیفیت تولید یا خدمات و غیره گردد (خاکی، ۱۳۸۴).

در برنامه چهارم توسعه ذکر شده است که همه دستگاه‌های اجرایی مکلفند سهم ارتقای بهره‌وری در رشد تولید مربوطه را تعیین کرده و الزامات و راهکارهای لازم را برای تحقق آنها برای تحول کشور از یک اقتصاد ورودی محور به یک اقتصاد بهره‌ور محور مشخص نمایند، به طوری که سهم بهره‌وری کل عوامل در رشد تولید ناخالص داخلی(GDP) حداقل به ۳۱/۳ درصد و متوسط رشد سالیانه بهره‌وری نیروی کار، سرمایه و کل عوامل تولید به ترتیب به مقادیر حداقل، ۳/۵، ۱ و ۲/۵ درصد برسد.

لذا لزوم محاسبه و برنامه‌ریزی در جهت بهبود بهره‌وری، با توجه به این قانون و موارد فوق، کاملاً مشخص می‌شود. اما برای دستیابی به اهداف ذکر شده در یک سازمان، ابتدا باید میزان بهره‌وری سازمان در دوره‌های گذشته محاسبه و با مشخص نمودن عوامل تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری، به برنامه‌یزی و ارائه راهکارهایی در جهت ارتقای بهره‌وری و در نهایت تحقق مقادیر ذکر شده در قانون مذکور، اقدام شود.

بنابراین، با توجه به قانون مذکور و توضیحات فوق، به طور مشخص چندین سؤال مطرح می‌گردد:

۱. آیا تمامی دستگاه اجرایی توانایی رسیدن به رشد ۲/۵ درصدی در بهره‌وری را خواهند داشت؟
۲. چگونه می‌توان بهره‌وری یک بنگاه را اندازه‌گیری کرد؟
۳. آیا روشهایی برای مشخص نمودن عوامل تأثیرگذار بر بهره‌وری وجود دارد و چگونه می‌توان از آنها در جهت بهبود بهره‌وری استفاده نمود؟
۴. مقادیر بهینهٔ ورودیها و خروجیها به منظور تحقق رشد ۲/۵ درصدی در بهره‌وری چگونه محاسبه می‌شود؟

در این مقاله، بعد از مرور تاریخی موضوع، در چندین بخش و در راستای جوابگویی به سؤالات فوق، به چگونگی محاسبهٔ رشد بهره‌وری و عوامل مؤثر در تغییرات آن و همچنین مقادیر بهینهٔ ورودیها و خروجیها به منظور پوشش الزام قانونی برنامهٔ چهارم توسعه مبنی بر افزایش ۲/۵ درصدی در بهره‌وری می‌پردازد.

تحقیقات اولیه در مورد رشد بهره‌وری، با بستر روشهای پارامتریک، توسط رابرت سولو در سال ۱۹۵۷، انجام شد (Solow, 1957). او در مطالعات گسترده خود در بررسی رشد بهره‌وری ایالات متحده، رشد بهره‌وری را به پیشرفت در تکنولوژی و دانش فنی نسبت داد. از آنجایی‌که تحقیقات سولو به صورتی کاملاً بدیع، قادر به پاسخگویی و توجیه برخی اتفاقات اقتصادی بود که پیش از این توجیهی برای آنها وجود نداشت، پایه و اساس تحقیقات بسیاری از دانشمندان قرار گرفت که جهت تکمیل نظریهٔ سولو و رفع اشکالات آن کوشیدند.

یکی از اشکالاتی که بر روش سولو گرفته می‌شد، آن بود که در این روش از آنجایی‌که تابع تولید، نشان‌دهندهٔ ماکسیمم خروجی ممکن به‌دست آمده از ترکیب عوامل ورودی است، همواره مقایسه برای واحدهایی انجام می‌گیرد که در هر دو دورهٔ مورد بررسی کارا هستند. بنابراین، این روش برای محاسبهٔ میزان رشد واحدهای ناکارا مناسب نیست و در نتیجه، آنچه به عنوان رشد سولو نمایش داده می‌شود، فقط ناشی از تغییرات تکنولوژی است. پس از سولو دانشمندان دیگری نیز، در تلاش جهت توسعهٔ نظری روش او و از بین بردن مشکلات و محدودیتهای عملی ذکر شده، گام برداشتند.

در سال ۱۹۸۲ نیشی‌میتزو و پیج با برداشتن شرط کارآیی واحدهای تحت بررسی، اثبات کردند که عوامل مؤثر در رشد بهره‌وری متأثر از سه عامل اصلاح کارآیی، استفاده ار منابع ورودی بیشتر و تغییرات تکنولوژیکی می‌باشد (Nishimizu & Page, 1982). اما روشهای پارامتریک مذکور، علی‌رغم اینکه می‌توانستند از نظر تئوری تمام وقایع اقتصادی را توجیه کنند ولی در نهایت به دلیل استفاده از بستر پارامتریک و تابع تولید، با مشکلات محاسباتی و کاربردی مواجه شدند؛ به عنوان مثال، در این روشها نیاز به دانستن تکنولوژی پایه، تحلیل‌گر را مجبور به انتخاب یک فرم تابعی پارامتری برای تابع تولید می‌کند. همچنین در این حالت، فرض می‌شود که نوع تابع تولید از یک دوره به دورهٔ دیگر تغییر نمی‌کند، حال آنکه در واقعیت شاید به این‌گونه نباشد.

یکی دیگر از مشکلات محاسباتی، مربوط به ماهیت گسستهٔ داده‌هاست؛ زیرا در روشهای پارامتریک، همواره یک تابع تولید پیوسته برای داده‌های گسستهٔ موجود، تخمین زده می‌شود و این موضوع باعث خطا و اریبی در محاسبات می‌گردد.

مشکلاتی که در به‌کارگیری روشهای پارامتریک علیرقم قوت تئوری آنها وجود داشت، محققانی نظیر کی‌وس، کریستنسن و دایورت را بر آن داشت تا از روشهای ناپارامتریک برای پوشش مشکلات مذکور استفاده نمایند (Caves, Christensen & Diewert, 1982).

آنها شاخص بهره‌وری مالمکوئیست را به عنوان یک شاخص رشد، اولین بار در سال ۱۹۸۲ در تئوری تولید به‌کار بردند (Malmquist, 1953)، همچنین آنها نشان دادند که تحت فرضیاتی خاص، شاخص مالمکوئیست با شاخص تورنکوئیست معادل است (Tornquist (1936). لازم به ذکر است که شاخص بهره‌وری تورنکوئیست یک شاخص عالی انعطاف‌پذیر است؛ به این معنا که برای دستهٔ عظیمی از توابع تولید مانند توابع تولید ترانزلوگ، دقیق و بدون خطاست.

اما با معرفی تحلیل پوششی داده‌ها در سال ۱۹۷۸ به عنوان تعمیمی از روش ناپارامتری فارل[1]، توسط چارنز، کوپر و رودز[2]، روشهای محاسبهٔ رشد بهره‌وری به سوی بهره‌گیری از این تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی سوق پیدا نمود. از این رو، در سال ۱۹۸۹ فار، گروسکوف، لینگرن و رووس، به منظور محاسبه شاخص مالمکوئیست از تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند (Fare, Grosskof, Lindgren and Roos,1989). آنها در سال ۱۹۹۲، با فرض بازده به مقیاس ثابت، این شاخص را به دو عامل تغییر در کارآیی و تغییر در تکنولوژی تجزیه کردند که این تجزیه به خاطر نام پدیدآورندگان آن به تجزیهٔ FGLR معروف شد. همچنین در سال ۱۹۹۴، فار، گروسکوف، نوریس و ژانگ، این بار با وارد کردن کارآیی قیاسی و فرض بازده به مقیاس متغیر، تجزیه دیگری از این شاخص به نام تجزیه FGNZ، ارائه دادند. این تجزیه، علاوه بر عوامل تجزیه شده در FGLR، عامل دیگری به نام تغییرات کارآیی قیاسی را هم در بر داشت (Fare, Grosskof, Norris and Zhang, 1994). در این راستا، تجزیه‌های دیگری با ویژگی‌های مختلف پدید آمد که یکی از معروف‌ترین آنها تجزیه‌ای است که توسط دسلی و ری ارائه شد (Desli & Ray, 1997) امّا، تجزیه‌های FGLR و FGNZ به دلیل پوشش نیازهای تحلیل‌گران اقتصاد، همواره بیشترین مورد استفاده را داشته است؛ به‌طوری که در سالهای اخیر، کاربردهای متنوعی از این شاخص در صنایع گوناگون دیده می‌شود. (برای اطلاعات بیشتر در مورد کاربرد این شاخص در موقعیتهای مختلف اقتصادی به [۲،۷،۸،۱۴،۱۷،۲۱،۲۳،۲۸] مراجعه نمایید).

همان‌طور که اشاره شد، در بررسی تغییرات بهره‌وری، همواره کارآیی و تکنولوژی، به عنوان دو عامل مؤثر در رشد بهره‌وری، مورد توجه بوده‌است؛ اما در محاسبات مربوط به رشد بهره‌وری کل عوامل، تغییرات کارآیی، وابسته به تغییرات بهینهٔ ورودیها و خروجیها و تغییرات تکنولوژی و دانش فنی، بر اساس عوامل در نظر گرفته نشده (عوامل بجز ورودیها و خروجیها) تعریف می‌شوند. لذا برای افزایش بهره‌وری نیاز به رشد کارآیی و تکنولوژی است، که کارآیی، با مشخص نمودن میزان بهینهٔ ورودیها در تقابل با خروجیها و تکنولوژی، با تحول در دانش فنی، تجهیزات و به‌طورکلی ابزار و امکانات به منظور استفاده و تبدیل ورودیها به خروجیها، امکان پذیر خواهد بود. اما پایهٔ هر برنامه‌ریزی برای ایجاد نقشه‌های بهبود بهره‌وری، محاسبهٔ میزان بهره‌وری، و تجزیه‌های (کارآیی و تکنولوژی) آن و در نهایت محاسبهٔ میزان بهینهٔ ورودیها و

1. Farrel
2. Charnes , Cooper , Rhodes

خروجیها برای تحقق کمی رشد بهره‌وری است. به عبارت دیگر، لایهٔ محاسباتی یکی از مهمترین قسمتهای چرخهٔ بهبود بهره‌وری است که کارشناسان و برنامه‌ریزان به کمک نتایج آن، می‌توانند استراتژی‌های بهبود بهره‌وری را هرچه عملی و منطقی‌تر و به طور مشخص، برای هر واحد تحت بررسی ارائه نمایند.

لذا در این مقاله، بر مبنای مدلهای ناپارامتری DEA و با بهره‌گیری از مفاهیم و شاخصهای رشد بهره‌وری، محاسبات مربوط به رشد بهره‌وری کل عوامل و تجزیهٔ آن به تغییرات کارآیی و تغییرات تکنولوژی انجام گرفته و سپس روشی برای محاسبهٔ میزان بهینهٔ کارآیی، تکنولوژی و در نهایت مقادیر ورودیها و خروجیها به منظور افزایش رشد مورد انتظار در بهره‌وری، ارائه خواهد شد. بنابراین، ابتدا، در بخش بعد به معرفی مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها و چگونگی محاسبهٔ کارآیی پرداخته خواهد شد. سپس در فصل سوم، مسائل مربوط به تحقق کارآیی از پیش تعیین شده با مدلهای تحلیل پوششی داده‌های معکوس، بحث خواهد شد. در ادامه در بخش چهارم، شاخصهای معروف در محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل و چگونگی تجزیهٔ آنها به تغییرات کارآیی و تغییرات تکنولوژی به طور مختصر ارائه و. همچنین چگونگی محاسبه میزان بهینهٔ ورودیها و خروجیها به منظور تحقق کمی رشد مورد انتظار در بهره‌وری نیز در این بخش شرح داده خواهد شد. در بخش پنجم نیز، تمامی موارد ذکر شده در مقاله، با بهره‌گیری از یک مطالعه موردی در شرکت ملی نفت ایران، توضیح داده می‌شود و سرانجام مقاله با نتیجه‌گیری به پایان خواهد رسید.

۲. تحلیل پوششی داده‌ها

پایه‌گذار روشهای ناپارامتری در محاسبه بهره‌وری و ارزیابی واحدهای تصمیم گیرنده[1] (DMU)، اقتصاددانی به نام فارل 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 سال۱۹۷۸، چارنز، کوپر و رودز، با استفاده از برنامه‌یزی ریاضی روش ناپارامتری فارل را برای سیستمی با ورودیها و خروجیهای چند گانه تعمیم دادند و عنوان تحلیل پوششی داده ها از این زمان به مجموعه مدلهای توسعه یافته برنامه‌ریزی ریاضی، در این زمینه داده شد. مدل چارنز، کوپر و رودز که در آن بازده به مقیاس[2]، ثابت فرض می‌شود، به نام CCR معروف شد (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). در سال ۱۹۸۴، بنکر، چارنز و کوپر روش CCR را برای حالتهای بازده به مقیاس متغیر تعمیم دادند، که مدل پیشنهادی آنها به نام BCC معروف شد (Banker, Charnes & Cooper, 1984). در ادامه به چگونگی کارآیی نسبی با بهره‌گیری از

1 Decision Making Unit
2 Returns to Scale

مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها می‌پردازیم (برای اطلاعات بیشتر در مورد قابلیتها و توانمندی‌های مدلهای DEA به (Alirezaee & Afsharian, 2007) مراجعه نمایید).

۲-۱) محاسبه کارآیی با مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها

مدلهای DEA، میزان توانایی هر واحد تصمیم گیرنده در تبدیل ورودیها به خروجیها را ارزیابی می‌کند که این میزان توانایی، کارآیی[1] نامیده می‌شود. به عبارت دقیقتر، در اینگونه مدلها با توجه به جایگاه واحدهای مورد بررسی، ابتدا مجموعه امکان تولید[2] با روشهای برنامه‌ریزی خطی به‌دست می‌آید، سپس این مجموعه، مرز امکان تولید را مشخص می‌سازد. این مرز نشان دهنده جایگاه بهترین تبدیل ورودیها به خروجیهاست. این مرز را مرز کارا[3] گویند. سپس ارزیابی واحدها بر اساس فاصله آنها از این مرز، انجام می‌شود و راهکارهای بهبود کارآیی، بر مبنای نزدیک شدن به مرز انجام می‌گیرد. در ادامه، یک مدل کلی از DEA، برای محاسبه کارآیی شرح داده می‌شود.

فرض کنیم n واحد تصمیم گیرنده موجود باشد که هر یک شامل m ورودی و s خروجی هستند. ماتریس $m \times n$ ورودیها را با X و ماتریس $s \times n$ خروجیها را با Y نشان می‌دهیم. همچنین x_{ij} نشان دهنده i امین ورودی واحد j ام و y_{rj} نشان دهنده r امین خروجی واحد j ام است. به‌علاوه x_j و y_j، به ترتیب بردار ورودی و خروجی واحد j ام را نشان می‌دهند. لذا مدل محاسبه کارآیی با ماهیت ورودی عبارت است از:

$$
\begin{aligned}
&P0: \text{Min} \quad z \\
&st \quad \sum_{j=1}^{n} \xi_j \lambda_j \le \xi_p z \\
&\sum_{j=1}^{n} \psi_j \lambda_j \ge \psi_p \\
&\delta_1 \left(\sum_{j=1}^{n} \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} \nu \right) = \delta_1 \\
&\lambda_j \ge 0, \nu \ge 0 \quad j = 1,\ldots,n
\end{aligned}
$$

در این مدل سه پارامتر $\delta_3, \delta_2, \delta_1$ معرفی شده‌اند که مقادیر صفر یا یک می‌گیرند و بازده به مقیاسهای مختلف را برای مدل ایجاد می‌کنند. به عبارت دقیقتر:

1. Efficiency
2. Production Possibility Set
3. Efficient Frontier

- اگر $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (0, *, *)$ آنگاه مدل از نوع CCR است و بازده به مقیاس ثابت دارد.
- اگر $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (1, 0, *)$ آنگاه مدل از نوع BCC است و بازده به مقیاس متغیر دارد.
- اگر $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (1, 1, 0)$ آنگاه مدل از نوع CCR-BCC است و بازده به مقیاس کاهشی دارد.
- اگر $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (1, 1, 1)$ آنگاه مدل از نوع BCC-CCR است و بازده به مقیاس افزایشی دارد.

در عبارات فوق مقادیر * می‌توانند صفر یا یک باشند.

مدل معرفی شده، برای هرDMU (واحد p ام) یک بار اجرا می‌شود و در آن EFF، برابر با مقدار کارآیی واحد p ام است. بنابراین واحدی که روی مرز تولید قرار می‌گیرد، کارا تشخیص داده می‌شود و مقدار کارآیی نسبت داده شده به آن برابر ۱ است؛ در غیر این صورت واحد مذکور ناکاراست و میزان ناکارآیی آن برابر مقدار به‌دست آمده از تابع هدف است.

۳. مسألهٔ تحلیل پوششی داده‌های معکوس

در تحلیل پوششی داده‌های معکوس (IDEA) به مسائلی از این قبیل پرداخته می‌شود:

- اگر واحد k ام بخواهد در دوره بعد خروجیهایش را افزایش دهد، هر یک از ورودیهایش به چه میزان باید افزایش یابد تا کارآیی تغییر نکند؟
- اگر واحد k ام بخواهد در دوره بعد ورودیهایش را افزایش دهد، خروجیهایش به چه میزان باید افزایش یابد تا کارآیی تغییر نکند؟

در مسائل فوق محاسبه میزان تغییرات ورودیها و خروجیها در ضمن ثابت ماندن کارآیی، مد نظر است. ولی در بعضی از مسائل نیاز است که کارآیی نیز به میزان معینی رشد یابد ([۹] را ببینید). برای مثال در مسائل مربوط به رشد بهره‌وری کل عوامل (بخش ۴ را ببینید) تغییرات ورودیها (خروجیها) در دوره آتی به همراه رشد کارآیی، مطلوب است. بنابراین در حالتی که تغییر کارآیی نیز مورد انتظار باشد، تعمیم مسائل فوق به صورت زیر بیان می‌گردند:

- اگر واحد k ام بخواهد خروجیهایش را در دوره بعد افزایش دهد و در ضمن، کارآیی آن نیز به میزان معینی رشد یابد، حداکثر چقدر می‌تواند ورودیهایش را افزایش دهد؟
- اگر واحد k ام بخواهد در دوره بعد ورودیهایش را افزایش دهد و در ضمن، کارآیی آن نیز به میزان معینی رشد یابد، خروجیهایش به چه میزان می‌تواند افزایش یابد؟

به منظور تشریح مسائل مذکور، در ۳-۱ به مسأله تغییر ورودیها و خروجیها به همراه ثبات کارآیی و در ۳-۲ به مسأله تغییر ورودیها و خروجیها به همراه تغییر کارآیی خواهیم پرداخت.

۳-۱) تغییرات ورودیها و خروجیها به همراه ثبات در کارآیی

همان طور که توضیح داده شد، دو نوع مسأله در این بخش تشریح خواهند شد:

۱. فرض کنید خروجیهای واحد p ام را افزایش داده‌ایم و می‌خواهیم کارآیی آن تغییر نکند. ورودیهای واحد p ام چقدر باید افزایش یابد؟(از این مسأله می‌توان برای تخصیص منابع نیز استفاده کرد).

۲. فرض کنید ورودیهای واحد P ام را افزایش داده‌ایم و می‌خواهیم کارآیی آن تغییر نکند، خروجیهای آن چقدر باید افزایش یابد؟(این مسأله را می‌توان برای پیش بینی نیز به‌کار برد).

برای مسائل IDEA می‌توان مدلهایی مشابه مدلهای DEA طراحی کرد. در ادامه مدل IDEA را برای مسائل نوع اول بیان می‌کنیم. مطالب بیان شده با کمی‌تغییرات می‌توانند برای مسائل نوع دوم به کار روند.

فرض کنید y_p بردار خروجی ، x_p بردار ورودی ، $\Delta\mathbf{y}_p$ میزان افزایش در خروجی و $\Delta\mathbf{x}_p$ میزان افزایش در ورودی واحد p ام باشد که در آن $\Delta\boldsymbol{\psi}_p \neq 0$ ، $\Delta\boldsymbol{\psi}_p \geq 0$ ، $\Delta\boldsymbol{\xi}_p \neq 0$ و $\Delta\boldsymbol{\xi}_p \geq 0$ (حداقل یک مؤلفه از y_p افزایش یافته است.) بردار خروجی افزایش یافته واحد p را با $\boldsymbol{\beta}_p$ و ورودی افزایش یافته آن را با $\boldsymbol{\alpha}_p$ نمایش می‌دهیم.

$$\boldsymbol{\beta}_p = (\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_s) = \mathbf{y}_p + \Delta\mathbf{y}_p \in \Re^s$$
$$\boldsymbol{\alpha}_p = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m) = \mathbf{x}_p + \Delta\mathbf{x}_p \in \Re^m$$

فرض کنید که بردار خروجی واحد p به میزان $\Delta\mathbf{y}_P$ افزایش یافته است و $\boldsymbol{\beta}_p$ بردار خروجی جدید باشد. می‌خواهیم بردار ورودی $\boldsymbol{\alpha}_p$ را به گونه‌ای تخمین بزنیم که z_p (کارآیی واحد p ام) تغییر نکند.

بنابراین، مدل برنامه‌ریزی چند هدفهٔ زیر می‌تواند مسأله مذکور را حل نماید:

$$V0: \operatorname{Min}(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m)$$
$$st \quad \sum_{j=1}^{n} \mathbf{x}_j \lambda_j \leq z_p \boldsymbol{\alpha}_p$$
$$\sum_{j=1}^{n} \mathbf{y}_j \lambda_j \geq \boldsymbol{\beta}_p$$
$$\boldsymbol{\alpha}_p \geq \mathbf{x}_p$$
$$\delta_1 \left(\sum_{j=1}^{n} \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} \nu \right) = \delta_1$$
$$\lambda_j \geq 0, \nu \geq 0, j = 1, \ldots, n$$

باید دقت کرد که مقدار z_p در این مدل، برابر با همان مقدار کارآیی به‌دست آمده از مدل DEA توضیح داده شده در بخش قبل (P0) خواهد بود، به عبارت دیگر z_p، میزان کارآیی واحد p ام قبل از افزایش خروجیها است، بنابراین، هیچ تغییری در مقدار کارآیی نخواهیم داشت.

۳-۲) تغییرات ورودیها و خروجیها به همراه تغییر در کارآیی

در بخش قبل، مدلی برای محاسبهٔ تغییرات ورودی (خروجی) با فرض ثبات کارآیی ارائه شد؛ ولی در بعضی از مسائل واقعی نیاز است که تغییرات ورودیها (خروجیها) در قبال تغییرات خروجیها (ورودیها) و همچنین تغییر در کارآیی سنجیده شود. لذا در این بخش به تعمیم مدلهای IDEA می‌پردازیم.

همان طور که توضیح داده شد، در IDEA هنگامی که تغییرات کارآیی نیز مد نظر باشد، مسأله به صورت زیر مطرح می‌شود:

فرض کنید واحد p ام می‌خواهد خروجیهای خود را به میزان $\Delta\mathbf{y}_p$ افزایش دهد. همچنین کارآیی آن نیز به اندازه Δz_p افزایش یابد، حداکثر افزایش ورودیهایش به چه میزان می‌تواند باشد؟

مدل زیر را برای حل مسأله فوق معرفی می‌کنیم:

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{GV}\,0 : \mathrm{Min}\,(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m) \\
&st \quad \sum_{j=1}^{n} \mathbf{x}_j \lambda_j \le e_p \boldsymbol{\alpha}_p \\
&\sum_{j=1}^{n} \mathbf{y}_j \lambda_j \ge \boldsymbol{\beta}_p \\
&\boldsymbol{\alpha} \ge \mathbf{x}_p \\
&\delta_1 \left(\sum_{j=1}^{n} \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} \nu \right) = \delta_1 \\
&\lambda_j \ge 0, \nu \ge 0,\ j = 1, \ldots, n
\end{aligned}
$$

که در آن e_p کارآیی افزایش یافته است:

$$e_p = z_p + \Delta z_p .$$

از آنجایی‌که حداکثر مقدار کارآیی در مدلهای DEA برابر "۱" است، لذا، Δz_p حداکثر می‌تواند برابر با $1 - z_p$ باشد. همچنین، مقدار مجاز برای $\Delta\mathbf{y}_p$ در حالتی که بازده به مقیاس مدل، متغیر یا کاهشی باشد؛ یعنی هنگامی‌که از مدل BCC یا CCR-BCC استفاده می‌کنیم، هر مقدار دلخواهی نمی‌تواند باشد. در این حالت حداکثر مقدار مجاز از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\Delta y_{rp} = \max_j \{ | y_{rp} - y_{rj} | \} \qquad (۱-۲-۳)$$

اگر از مدلهایی با بازده به مقیاس ثابت یا افزایشی مانند CCR یا BCC-CCR استفاده کنیم، آنگاه $\Delta \mathbf{y}_p$ هر مقدار دلخواهی می‌تواند باشد.

۳-۳) برخی از الگوهای افزایش مقادیر ورودی، خروجی و کارآیی

در بخشهای قبل دیدیم که مسأله IDEA به یک مدل چند هدفه تبدیل می‌شود. در این بخش، بعضی از حالات خاص را مطرح می‌کنیم که در آنها کافیست که یک مدل خطی یک هدفه به جای مدل چند هدفه حل شود.

حالت اول: هنگامی‌است که ارزش هر واحد از ورودیها مشخص باشد یا اینکه اهمیت وزنی ورودیها نسبت به هم معین باشد. فرض کنید که $p_i > 0$ اهمیت وزنی یا ارزش هر واحد از ورودی i ام باشد. در این‌صورت تابع چند هدفه را می‌توان به صورت مجموع وزنی اهداف نوشت و به یک تابع تبدیل کرد.

$$\min(\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_m) \to \min \sum_{i=1}^{m} (p_i \alpha_i)$$

بدین ترتیب، مسأله چند هدفه به مسأله خطی یک هدفه تبدیل شده و با تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی قابل حل است.

حالت دوم: هنگامی‌است که افزایش ورودیها، خروجیها و کارآیی به صورت درصدی از مقدار قبلی باشد؛ برای مثال افزایش خروجی r ام واحد p به میزان k_r٪ بدین معنی است که :

$$\beta_{rp} = (1 + \frac{k_r}{100}) y_{rp}$$

افزایش ورودی i ام واحد p به میزان l_i٪ بدین معنی است که :

$$\alpha_{ip} = (1 + \frac{l_i}{100}) x_{ip}$$

و افزایش کارآیی واحد p به میزان f٪ بدین معنی است که :

$$e_p = (1 + \frac{f}{100}) z_p$$

با استفاده از روابط فوق، مسأله چند هدفه GV0 به مسأله یک هدفه زیر تبدیل می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&\text{GV1}: \min \sum_{i=1}^{m} p_i l_i \\
&st \quad \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j \le (1+\frac{f}{100}) z_p (1+\frac{l_i}{100}) x_{ip} \quad \forall i \\
&\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j \ge (1+\frac{k_r}{100}) y_{rp} \quad \forall r \\
&\delta_1 \left(\sum_{j=1}^{n} \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} \nu \right) = \delta_1 \\
&\lambda_j \ge 0, \nu \ge 0, l_i \ge 0, \; j = 1, \ldots, n
\end{aligned}
$$

توجه کنید که در مدل GV1، محدودیت $l_i \ge 0$ معادل قید $\boldsymbol{\alpha} \ge \mathbf{x}_p$ در مدل GV0 است. همچنین p_iاهمیت وزنی ورودی i ام در تخصیص منابع اضافی است.

همان طور که قبلاً نیز ذکر شد، هنگامی‌که از مدلهای با بازده به مقیاس متغیر یا کاهشی استفاده می‌کنیم، افزایش خروجی به‌طور دلخواه معین نمی‌شود و برای میزان تغییرات، حد بالایی وجود خواهد داشت. بنابراین در مدل بالا، حداکثر مقدار مجاز برای k_r از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$k_r = \frac{\Delta y_{rp}}{y_{rp}} \times 100$$

که در آن Δy_{rp}از رابطه (۳-۲-۱) محاسبه می‌شود.

اما هنگامی‌که از مدل CCR استفاده می‌کنیم، بدون استفاده از مدل فوق با استفاده از رابطه زیر می‌توان درصد افزایش در ورودی را محاسبه کرد.

فرض کنید k, l و f درصد افزایش در ورودی، خروجی و کارآیی باشند، آنگاه رابطه زیر برقرار است:

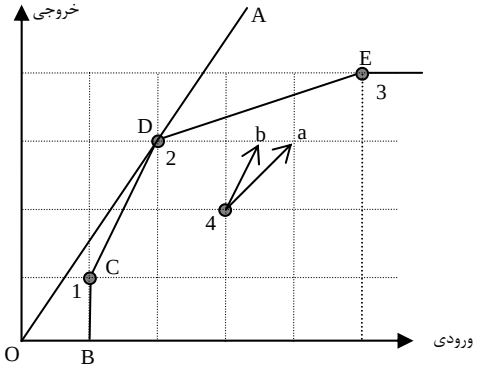
$$\frac{100+k}{100+l} = 100+f \;\Rightarrow\; l = \frac{k-f}{100+f}$$

مثال: یک واحد تولیدی با یک ورودی و یک خروجی را در نظر بگیرید. مقادیر مربوط به ورودی و خروجی در ۴ سال متوالی به صورت زیر است:

سال	۱	۲	۳	۴
ورودی	۱	۲	۵	۳
خروجی	۱	۳	۴	۲

مرز کارآیی حاصل از دوره های فوق در شکل (۱) رسم شده است.

شکل ۱: مرز کارآیی متشکل از مدلهای مختلف DEA



کارآیی در سالهای مذکور با استفاده از مدل BCC عبارتست از :

سال	۱	۲	۳	۴
کارآیی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰

با توجه به رابطه (۳-۲-۱) خروجی در سال پنجم، حداکثر می‌تواند ۱۰۰٪ رشد داشته باشد. فرض کنید می‌خواهیم خروجی در این سال ۵۰٪ و کارآیی حداقل ۱۵٪ رشد داشته باشد، میزان افزایش در ورودی، حداکثر به چه میزان می‌تواند باشد؟

با استفاده از مدل GV1 درصد افزایش ورودی در سال پنجم برابر با ۱۵/۹۳٪ خواهد بود، لذا مقدار ورودی در این سال، حداکثر باید ۳/۴۷ باشد.

در جدول زیر حداکثر مقدار ورودی در سال پنجم، به همراه درصد افزایشهای مختلف در کارآیی، محاسبه و نشان داده شده‌اند.

درصد افزایش کارآیی	میزان کارآیی	درصد افزایش ورودی	ورودی در سال ۵
٪۰	۰/۵	٪۳۳/۳۳	۴
٪۵	۰/۵۲۵	٪۲۷	۳/۸۱
٪۱۰	۰/۵۵	٪۲۱/۲	۳/۶۳
٪۱۵	۰/۵۷۵	٪۱۵/۹۳	۳/۴۷۸

با توجه به جدول فوق، میزان ورودی مورد نیاز بدون افزایش کارآیی، بیشتر از حالتی است که افزایش کارآیی داریم. در شکل ۱ مسیر a افزایش ۵۰ درصدی خروجی را بدون افزایش در کارآیی و مسیر b افزایش ۵۰ درصدی خروجی را به همراه افزایش ۱۵ درصدی در کارآیی نشان

می‌دهد. همان‌طور که در شکل نیز پیداست در مسیر b ورودی کمتری نسبت به مسیر a به‌کار می‌رود و در واقع به کارگیری ورودی کمتر، با افزایش در کارآیی جبران می‌شود.

۴. رشد بهره‌وری کل عوامل

یکی از قسمتهای مهم چرخهٔ بهره‌وری، محاسبهٔ میزان بهره‌وری در دوره‌های گذشته و مشخص نمودن سهم عوامل مختلف در تغییرات بهره‌وری است؛ زیرا با مشخص شدن عوامل تأثیرگذار بر تغییرات بهره‌وری، می‌توان برای بهبود بهره‌وری در دوره‌های آینده برنامه‌ریزی کرد (برای اطلاعات بیشتر [۱،۳] را ببینید).

بررسی روند تغییرات بهره‌وری، اولین بار در سال ۱۹۵۷ توسط تحقیقات مشهور رابرت سولو مطرح شد. سولو در مطالعه رشد بهره‌وری ایالات متحده، تأثیر تکنولوژی و دانش فنی را در رشد بهره‌وری مورد بررسی قرار داد. در ادامه و در سال ۱۹۸۲ نیشی میتزو و پیج، رشد بهره‌وری را به دو عامل تغییر در کارآیی و تغییر در تکنولوژی تجزیه نمودند. بنابراین، برای افزایش بهره‌وری، ابتدا باید میزان بهره‌وری در دوره‌های گذشته محاسبه و در هر دوره سهم کارآیی و تکنولوژی را در رشد مربوطه تعیین کرد، سپس بر اساس این اطلاعات، توانایی و میزان قابلیت واحد تحت بررسی در تغییر هر کدام از عوامل مذکور، معین شده و نهایتاً مقادیر بهینهٔ ورودیها و خروجیها به منظور تحقق کمی مورد انتظار در رشد بهره‌وری، به‌دست آید.

۴-۱) شاخصهای رشد TFP

برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل (TFP) شاخصهای متعددی با ویژگیهای خاص وجود دارد که یکی از معروفترین شاخصهای رشد TFP، شاخص مالمکوئیست است. این شاخص ابتدا در سال ۱۹۵۳ به عنوان شاخص استاندارد زندگی، معرفی و در سال ۱۹۸۲ برای اولین بار در تئوری تولید به‌کار گرفته شد (Caves et al., 1982). در سال ۱۹۸۹ فار و همکاران، به منظور محاسبه شاخص مالمکوئیست از تکنیکهای DEA استفاده کردند و سپس در سال ۱۹۹۲، آنها این شاخص را به دو عامل تغییر در کارآیی و تغییر در تکنولوژی تجزیه کردند.

برای محاسبه شاخص مالمکوئیست با استفاده از مدلهای DEA، احتیاج به وجود داده‌هایی خاص است؛ به عبارت دیگر، به‌دلیل صورت مقایسه‌ای و ماهیت مدلهای DEA، در محاسبه این شاخص، به تعدادی واحد تصمیم گیرنده در هر دوره است و لذا در مواقعی که فقط یک واحد تصمیم گیرنده موجود و هدف، محاسبه رشد TFP آن واحد در طول زمان باشد، این شاخص قابل استفاده نخواهد بود.

شاخص تورنکوئیست، یک شاخص دیگر، برای محاسبه رشد TFP در طی دوره زمانی است. این شاخص با استفاده از کشش ورودیها و خروجیها به ترتیب در هزینه کل و درآمد کل به محاسبه رشد بهره‌وری می‌پردازد. اما مزیت اصلی در استفاده از این شاخص، به‌دلیل ماهیت این شاخص، عدم نیاز آن به داده‌هایی خاص (چند واحد تصمیم گیرنده) است و به عبارت دیگر،

این شاخص، تنها با وجود حتی یک واحد تصمیم‌گیرنده، قادر به محاسبه رشد TFP در دوره‌های زمانی خواهد بود، همچنین با بهره‌گیری از مدلهای DEA، این شاخص نیز مانند شاخص مالمکوئیست، به دو عامل تغییر کارآیی و تغییر در تکنولوژی، قابل تجزیه خواهد شد (برای جزئیات بیشتر به [۷] مراجعه نمایید).

بنابراین در کاربردهای واقعی، همواره می‌توان با یکی از شاخصهای مذکور به محاسبه رشد TFP پرداخت. به عبارت دیگر، اگر چند واحد تصمیم گیرنده مشابه موجود، و هدف محاسبه رشد TFP هر کدام باشد، از شاخص مالمکوئیست و اگر بخواهیم رشد TFP یک واحد تصمیم گیرنده را در طول زمان و در حالت عدم وجود واحدهای مشابه محاسبه نماییم، از شاخص تورنکوئیست استفاده می‌شود. در مجموع بنابر شکل موضوع، یکی از شاخصها را به‌کار گرفته و میزان رشد TFP و میزان تغییر در کارآیی و تکنولوژی را در دوره‌های گذشتهٔ واحد مورد بررسی، به‌دست می‌آوریم. این محاسبات، روند تغییرات TFP را در واحد مورد بررسی نشان می‌دهد و در حالت کلان، سطح انتظار و میزان تغییر در عوامل مختلف را برای رشد TFP در دوره‌های آینده مشخص می‌سازد.

۴-۲) تحقق کمی رشد قابل انتظار در TFP

همان‌طور که در قسمت قبل توضیح داده شد، همواره رابطهٔ زیر بین میزان رشد TFP و عوامل مؤثر در تغییرات آن در هر دورهٔ زمانی وجود دارد:

درصد تغییر در کارآیی + درصد تغییر در تکنولوژی و دانش فنی = درصد تغییر در رشد TFP

بنابراین برای تحقق درصد رشد مورد انتظار در TFP، باید درصدی در کارآیی و درصدی در تکنولوژی رشد داشته باشیم؛ به طوری که رابطهٔ فوق همواره برقرار بماند. به طور مثال، اگر بخواهیم ۲/۵ درصد رشد TFP داشته باشیم، می‌توان یکی از طرق زیر را برای تحقق این امر انتخاب نمود:

جدول ۱: درصد تغییر در کارآیی و تکنولوژی

درصد تغییر در کارآیی	درصد تغییر در تکنولوژی	درصد رشد TFP
۲/۵	۰	۲/۵
۰	۲/۵	۲/۵
۱/۵	۱	۲/۵
۱/۲۵	۱/۲۵	۲/۵

سطر اول نشان می‌دهد که می‌خواهیم مقدار درصد تغییر در TFP را فقط با تغییر در کارآیی تحقق بخشیم و بالعکس در سطر دوم، کارآیی بدون تغییر است؛ لذا میزان رشد ۲/۵ درصدی باید با تحول در دانش فنی و تغییر در تکنولوژی رخ دهد. سطر سوم و چهارم نیز، این میزان تغییر، به هر دو عامل کارآیی و تکنولوژی تخصیص داده شده است.

در شکل کاربردی، با مطالعهٔ پیشینهٔ واحد تحت بررسی، می‌توان، درصد تغییر در کارآیی و تکنولوژی را برای دوره‌های بعد معین نمود. به عبارت دقیقتر، با محاسبه رشد TFP و تجزیه‌های آن در هر دوره، می‌توان قابلیت و توانایی واحد تحت بررسی را برای تغییر در کارآیی یا تکنولوژی بررسی نمود و در نهایت تصمیمی عملی و منطقی، با توجه به امکانات و بودجه‌های تخصیصی اتخاذ نمود.

در محاسبهٔ رشد TFP به کمک مدلهای DEA ، ابتدا شاخصهایی به عنوان ورودی و خروجی معین می‌شوند و بر اساس این ورودیها و خروجیها، رشد TFP، تغییرات کارآیی و تغییرات تکنولوژی در هر دوره محاسبه می‌گردد. اما در ادبیات بهره‌وری، تغییر در کارآیی به واسطهٔ تغییر در ورودیها و خروجیها و قرارگرفتن در موقعیت بهینه از نقطه نظر ورودی و خروجی است ولی تغییر در تکنولوژی به تغییر در عوامل ناشناخته (عواملی که در ورودیها و خروجیها لحاظ نشده‌اند)، نسبت داده می‌شود. لذا میزان درصد رشد قابل انتظار در کارآیی می‌تواند مستقیماً با تغییر در ورودیها و خروجیها تأمین گردد ولی میزان درصد رشد قابل انتظار در تکنولوژی و دانش فنی با تغییر در میزان عواملی رخ خواهد داد که در مدل محاسبه رشد TFP لحاظ نشده باشند.

در مجموع، با توجه به توضیحات مذکور، اگر تصمیم بر آن باشد که TFP در دورهٔ بعد x درصد نسبت به دورهٔ گذشته رشد داشته باشد، ابتدا روند تغییرات TFP و تجزیه‌های آن در دوره‌های گذشته واحد تحت بررسی و محاسبه و سپس بر اساس پیشینهٔ آن، به تخصیص این درصد به تغییرات کارآیی و تغییرات تکنولوژی می‌پردازیم. دراین صورت اگر بخواهیم r درصد تغییر در کارآیی و s درصد تغییر در تکنولوژی و دانش فنی داشته باشیم (x=r+s)، می‌توان از مدل GV1 معرفی شده در ۳-۳ برای مشخص نمودن میزان ورودیهای (خروجیهای) جدید و تحقق r درصد تغییر درکارآیی بهره گیریم؛ ولی میزان s درصدی تغییر در تکنولوژی و دانش فنی، باید بدون افزایش مقادیر ورودی یا خروجی و با تغییر و تحول در تکنولوژی، ابزار، امکانات و دانش فنی کارکنان، رخ دهد و در نهایت، با اعمال روشهای مدیریتی و ایجاد نقشهٔ بهبود بهره‌وری، می‌توان اعداد کمی داده شده از سوی مدل را به منظور تحقق رشد x درصدی به‌کار گرفت.

۵. محاسبه رشد TFP شرکت ملی نفت ایران

در این بخش، می‌خواهیم روش معرفی شده در بخش قبل را در شرکت ملی نفت ایران به منظور تحقق کمی الزام قانونی برنامه چهارم توسعه مبنی بر افزایش ۲/۵ درصدی در TFP، به‌کار گیریم. بنابراین، ابتدا روند تغییر TFP را در دوره‌های گذشتهٔ این شرکت بررسی نموده و در هر دوره، سهم تغییرات کارآیی و تکنولوژی در رشد TFP محاسبه خواهد شد، سپس با اطلاع از پیشینه این شرکت، به تخصیص درصد رشد TFP به درصدهای تغییر در کارآیی و

تکنولوژی می‌پردازیم و در انتها، میزان تغییر در ورودیها (خروجیها)، به منظور تحقق کمی الزام قانونی برنامه، محاسبه خواهد شد.

اطلاعات موجود از شرکت ملی نفت ایران، شامل داده‌هایی با دو ورودی و یک خروجی است. ورودیها، به ترتیب بیانگر سرمایه و نیروی کار و خروجی، مقدار ارزش افزودهٔ این شرکت در طی سالهای ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ است. در جدول ۱، داده‌ها به تفکیک سالهای مختلف آمده است. شایان ذکر است به دلیل حفظ اطلاعات و برخی ملاحظات، داده‌های جدول ۲، بر مبنای مقادیر ارزش افزوده، سرمایه و نیروی کار در سال اول، نرمال شده‌اند. که این مهم در نتیجهٔ محاسبات هیچ‌گونه تأثیری نخواهد داشت.

جدول ۲: داده های نرمال شدهٔ شرکت ملی نفت ایران

نیروی کار	سرمایه	ارزش افزوده	سال	نیروی کار	سرمایه	ارزش افزوده	سال
۱۳۰,۰۳۱	۸۶,۲۰۰	۶۸,۴۲۰	۱۳۶۸	۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۱۳۵۶
۱۳۱,۴۶۹	۸۸,۹۶۷	۷۳,۹۴۹	۱۳۶۹	۱۰۳,۱۰۷	۱۰۳,۷۶۹	۸۶,۱۹۱	۱۳۵۷
۱۳۵,۳۵۱	۸۷,۹۸۵	۷۸,۲۸۶	۱۳۷۰	۱۰۴,۴۲۵	۱۰۳,۴۵۸	۷۷,۲۳۶	۱۳۵۸
۱۳۶,۲۸۸	۸۶,۳۴۷	۷۸,۲۹۴	۱۳۷۱	۱۰۵,۲۳۲	۱۰۱,۵۷۲	۴۷,۵۲۱	۱۳۵۹
۱۳۶,۶۰۰	۸۴,۹۲۵	۷۹,۹۷۱	۱۳۷۲	۱۰۳,۴۱۷	۱۰۰,۳۲۱	۴۸,۹۲۴	۱۳۶۰
۱۳۶,۸۲۱	۸۴,۹۰۰	۷۷,۸۸۸	۱۳۷۳	۱۱۰,۳۵۱	۱۰۰,۹۸۵	۶۹,۹۹۸	۱۳۶۱
۱۳۵,۴۱۹	۸۴,۷۹۸	۷۸,۳۸۰	۱۳۷۴	۱۱۳,۷۲۴	۱۰۲,۶۷۵	۷۰,۶۰۳	۱۳۶۲
۱۳۴,۱۵۲	۸۸,۳۶۴	۷۸,۶۳۱	۱۳۷۵	۱۱۶,۴۷۴	۱۰۲,۹۵۳	۶۳,۸۹۰	۱۳۶۳
۱۳۳,۸۱۷	۹۱,۳۷۵	۷۶,۷۹۷	۱۳۷۶	۱۱۷,۵۸۶	۱۰۱,۰۲۵	۶۴,۳۸۴	۱۳۶۴
۱۳۲,۱۹۴	۹۳,۸۶۶	۷۷,۵۸۵	۱۳۷۷	۱۱۷,۹۵۱	۹۹,۲۹۳	۶۰,۳۸۱	۱۳۶۵
۱۳۱,۲۰۶	۹۸,۴۶۲	۷۵,۷۶۸	۱۳۷۸	۱۱۷,۷۹۸	۹۶,۵۰۳	۶۴,۰۲۵	۱۳۶۶
۱۳۰,۵۵۲	۱۰۰,۶۳۲	۷۸,۲۸۶	۱۳۷۹	۱۲۳,۱۰۹	۹۳,۶۶۹	۶۶,۴۰۵	۱۳۶۷

داده‌های استفاده شده در این مطالعه بر اساس آمار و اطلاعات مربوط به بخش صنعت نفت طی دوره۱۳۷۹ـ۱۳۵۶است. این اطلاعات شامل آمار مربوط به برآورد موجودی سرمایه، نیروی انسانی و ارزش افزودهٔ بخش نفت و گاز طی دوره مذکور است که توسط بانک مرکزی محاسبه و منتشر گردیده است ([۵،۴]). در ادامه توضیحاتی راجع به داده‌ها، بیان خواهد شد.

۵-۱) ارزش افزوده

طبق تعریف، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گروه نفت، شامل فعالیتهای تولید، استخراج و صادرات نفت خام و گاز طبیعی و تولید و فروش فرآورده‌های نفتی می‌باشد که ارزش افزوده آن به طور مستقل به عنوان یکی از بخشهای اقتصادی کشور اعلام می‌شود، امّا در مرکز آمار ایران، فعالیتهای استخراج و فروش نفت و گاز را به طور جداگانه به عنوان یکی از زیر بخشهای

گروه معدن و فعالیت های تولید فرآورده‌های نفتی به عنوان یکی از زیر گروه‌های بخش صنعت آورده می‌شود؛ ضمن اینکه دورهٔ زمانی پوشش آماری مرکز آمار از سال ۱۳۷۰ به بعد و بانک مرکزی از سال ۱۳۳۸ به بعد می‌باشد.

روش محاسبهٔ ارزش افزوده در هر دو دستگاه آماری، روش تولید است که بر اساس آن با محاسبه خروجی فعالیت (ارزش تولیدات) و هزینه‌های واسط، ارزش افزوده محاسبه و همچنین برای خارج کردن اثر تغییرات قیمتها از شاخص تعدیل ارزش افزوده هر بخش استفاده می‌شود. به عبارت دیگر برای تعدیل ارزش خروجیها، مقدار تولید نفت و گاز در سال مورد نظر را در قیمت این تولیدات در سال پایه ضرب نموده و ارزش تولیدات در سال مورد نظر به قیمت سال پایه را به دست می‌آورند. بنابراین، ارزش افزوده محاسبه شده به قیمت سال پایه (در این تحقیق، از قیمتهای ثابت سال ۱۳۶۹ استفاده گردیده است) بوده و لذا اثرات تغییرات قیمت نفت در بازار جهانی از آن خارج شده است.

با توجه به تعریف بانک مرکزی، برای به دست آوردن ارزش افزودهٔ فعالیت استخراج و فروش نفت، ارزش افزودهٔ بخش تولید فرآورده‌های نفتی از ارزش افزوده گروه نفت کسر گردیده تا ارزش افزودهٔ شرکت ملی نفت ایران به دست آید.

۵-۲) سرمایه

انجام تولید در هر فعالیتی نیازمند استفاده از عوامل تولید می‌باشد. یکی از عوامل تولید در هر فعالیتی از جمله تولید نفت و گاز، استفاده از سرمایه از طریق سرمایه‌گذاری در فرایند تولید می‌باشد. در شرکت ملی نفت ایران، سرمایه‌گذاری در فعالیتهای اکتشاف، توسعه و بهره‌برداری از منابع نفت و گاز، منجر به افزایش ظرفیت تولید و در صورت مناسب بودن شرایط تقاضای جهانی، افزایش تولید و صادرات می‌باشد. البته در کشور ما با توجه به روند سریع رشد تقاضای داخلی و نحوهٔ قیمت‌گذاری داخلی نفت و گاز، فضای ناشی از تقاضای داخلی با توجه به سهمیه‌بندی تولید توسط اوپک، موجب کاهش صادرات و در نتیجه کاهش ارزش تولیدات شرکت ملی نفت ایران می‌گردد. به هر صورت انجام سرمایه‌گذاری در شرکت ملی نفت ایران، موجب افزایش ظرفیت تولید می‌گردد.

۵-۳) نیروی انسانی

نیروی انسانی نیز یکی از عوامل تولید در هر فعالیت از جمله بخش نفت می‌باشد. از آنجا که شدت به‌کارگیری سرمایه در فعالیت تولید و استخراج نفت بالاتر از نیروی کار است، در نتیجه عامل کار نسبت به سرمایه از تأثیر کمتری در رشد تولید برخوردار است. در جدول ۴-۳ داده‌های نرمال شده، مربوط به شاخص نیروی انسانی، در شرکت ملی نفت ایران ارائه شده است. همچنین شکل ۴-۳ روند تغییرات داده‌های این جدول را نشان می‌دهد.

بررسی آماری ارائه شده از تعداد کارکنان شرکت ملی نفت ایران در سالهای مختلف، نشان می‌دهد که در طول دورهٔ مورد بررسی، تعداد کارکنان این بخش به غیر از برخی سالهای استثنایی، روندی شدیداً صعودی را طی نموده است.

در این قسمت با توجه به لزوم بررسی روند تغییرات بهره‌وری و عوامل مؤثر در تغییرات آن در شرکت ملی نفت ایران، شاخص بهره‌وری تورنکوئیست را به منظور پوشش هدف مذکور به‌کار می‌گیریم. در مجموع با بهره‌گیری از شاخص بهره‌وری تورنکوئیست و بر پایهٔ محاسبات مدلهای ناپارامتری DEA، رشد TFP و تجزیه‌های آن در هر دوره محاسبه و نتایج[1] در جدول ۳ و همچنین میزان کارآیی این شرکت در هر سال نیز در جدول ۴ ارائه شده است (برای اطلاع از نحوهٔ محاسبات و جزئیات مدلهای ریاضی این قسمت، به [۷] مراجعه نمایید).

جدول ۳: رشد TFP و تغییرات کارآیی و تکنولوژی در شرکت ملی نفت ایران

دوره	رشد TFP	تغییرات کارآیی	تغییرات تکنولوژی	دوره	رشد TFP	تغییرات کارآیی	تغییرات تکنولوژی
1356-57	-16.41%	-16.00%	-0.49%	1368-69	4.75%	5.06%	-0.30%
1357-58	-10.82%	-10.71%	-0.12%	1369-70	6.99%	7.23%	-0.22%
1358-59	-37.35%	-37.33%	-0.02%	1370-71	1.87%	2.25%	-0.37%
1359-60	4.24%	4.26%	-0.01%	1371-72	3.83%	3.30%	0.51%
1360-61	42.05%	40.82%	0.87%	1372-73	-2.58%	-2.13%	-0.46%
1361-62	-0.81%	0.00%	-0.81%	1373-74	0.77%	0.00%	0.77%
1362-63	-9.77%	-10.14%	0.41%	1374-75	-3.66%	-3.26%	-0.42%
1363-64	2.66%	3.23%	-0.55%	1375-76	-5.50%	-5.62%	0.12%
1364-65	-4.60%	-4.69%	0.09%	1376-77	-1.61%	-1.19%	-0.42%
1365-66	9.07%	8.20%	0.80%	1377-78	-6.83%	-7.23%	0.43%
1366-67	6.76%	7.58%	-0.76%	1378-79	1.13%	1.30%	-0.17%
1367-68	11.77%	11.27%	0.45%				

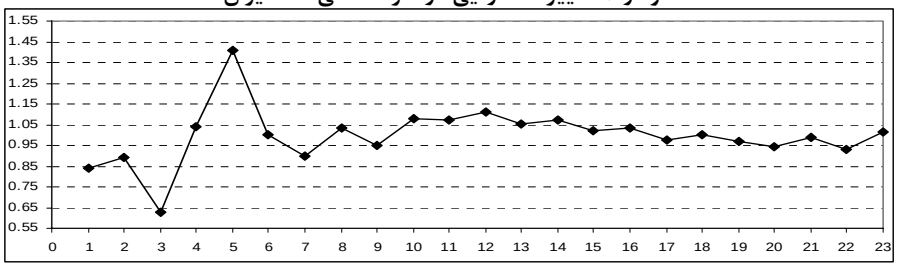
جدول ۴: میزان کارآیی شرکت ملی نفت ایران

سال	کارآیی	سال	کارآیی	سال	کارآیی	سال	کارآیی
1356	1.00	1362	0.69	1368	0.79	1374	0.92
1357	0.84	1363	0.62	1369	0.83	1375	0.89
1358	0.75	1364	0.64	1370	0.89	1376	0.84
1359	0.47	1365	0.61	1371	0.91	1377	0.83
1360	0.49	1366	0.66	1372	0.94	1378	0.77
1361	0.69	1367	0.71	1373	0.92	1379	0.78

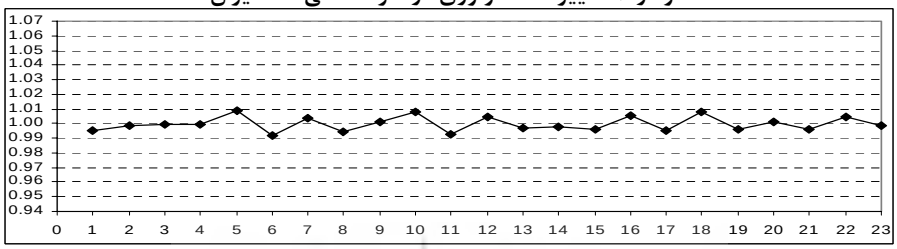
برای بررسی دقیقتر نتایج جدول ۳، نمودارهای ۳،۲ و ۴، ارائه شده‌اند، که به ترتیب مربوط به تغییرات کارآیی، تغییرات تکنولوژی و رشد بهره‌وری کل عوامل شرکت ملی نفت ایران، در طی ۲۳ دوره است.

۱. تمامی محاسبات این مقاله توسط نرم افزار GAMS انجام گرفته است [۱۳].

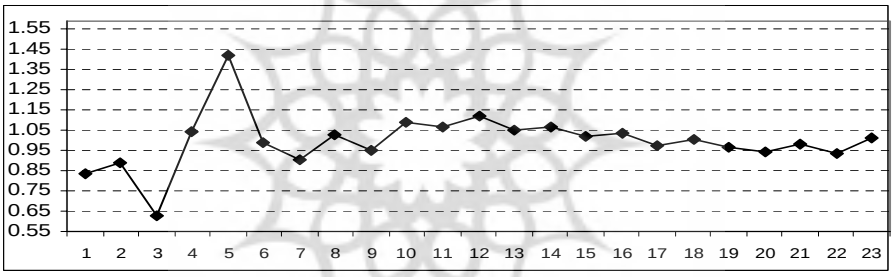
نمودار ۲: تغییرات کارآیی در شرکت ملی نفت ایران



نمودار ۳: تغییرات تکنولوژی در شرکت ملی نفت ایران



نمودار۴: رشد بهره‌وری کل عوامل شرکت نفت ایران



با توجه به جدول۳ و نمودارهای ۲، ۳ و ۴، بیشترین رشد بهره‌وری مربوط به دوره ۵ (سالهای ۱۳۶۱ـ۱۳۶۰) است. در این دوره شرکت نفت ۴۲٪ رشد در بهره‌وری کل عوامل داشته است؛ اما در این دوره، علت اصلی در رشد بهره‌وری، به دلیل رشد کارآیی بوده است. در حقیقت بیش از ۴۰٪ از رشد بهره‌وری، به واسطه رشد کارآیی در این دوره بوده است و رشد تکنولوژی سهم چندانی در رشد بهره‌وری در این دوره نداشته است. در دوره ۳ (سالهای ۱۳۵۹ـ۱۳۵۸) نیز، رشد منفی در بهره‌وری کل عوامل، به علت رشد منفی شدید در کارآیی به مقدار ۶۲٪، که بیشترین رشد منفی در بهره‌وری کل عوامل را داشته است. در دوره ۶ و ۱۸، کارآیی شرکت ثابت بوده و به همین دلیل در دوره ۶، رشد منفی در TFP به واسطه رشد منفی در تکنولوژی و در دوره ۱۸، رشد TFP به سبب تغییرات مثبت در تکنولوژی ایجاد شده اما به صورت کلان تغییرات کارآیی، علت عمده تغییرات بهره‌وری در طی ۲۳ دوره بوده است.

با بررسی روند رشد TFP شرکت ملی نفت ایران، مشخص گردید که تغییرات تکنولوژی و دانش فنی، سهم کمتری در تغییرات بهره‌وری داشته و عامل مؤثر در تغییرات TFP، تغییرات کارآیی بوده است. لذا برای ۲/۵ درصد رشد در TFP برای دوره بعد، می‌توان از این اطلاعات برای ایجاد استراتژی‌های مختلف استفاده نمود، اما در نهایت یکی از استراتژی‌ها با توجه به امکانات و شرایط این شرکت، قابل اجرا و عملی خواهد بود.

استراتژی‌های مختلف در حقیقت، تخصیص درصدهای مختلف به تغییرات کارآیی و تغییرات تکنولوژی است؛ به‌طوری که مجموع این درصدها برابر ۲/۵ درصد رشد TFP باشد. بنابراین استراتژی‌های مختلفی در این قسمت تولید خواهد شد که تنها یکی از این استراتژی‌ها با نظرات کارشناسی، مطالعه پیشینهٔ بهره‌وری و نهایتاً بودجه و امکانات تخصیص داده شده به شرکت، انتخاب و در نهایت به چرخهٔ بهبود بهره‌وری خواهد پیوست.

فرض کنیم که کارشناسان با توجه به روند تغییرات بهره‌وری، سهم ناچیز تکنولوژی و دانش فنی در تغییرات TFP و محدودیتهای احتمالی، استراتژی زیر را برای افزایش بهره‌وری در سال آتی، در نظر گرفته‌اند:

درصد رشد در تکنولوژی 5/0	درصد رشد در کارآیی 2	TFP درصد رشد در 5/2

در حقیقت این جدول، تخصیص ۲/۵ درصدی رشد TFP را به تغییرات کارآیی و تکنولوژی نشان می‌دهد. بنابراین، با توجه به تخصیص درصدها، ادامهٔ کار به دو بخش تقسیم خواهد شد: بخش اول مربوط به ۰/۵ درصد تغییر در تکنولوژی و دانش فنی می‌باشد که این بخش مستقیماً به عوامل تکنولوژیگی وابسته است و باید بدون تغییر در مقادیر ورودی و خروجی تحقق یابد. اما بحث اصلی که به در میزان رشد ۲ درصدی کارآیی مربوط می‌شود، که این مقدار با پیدا نمودن مقادیر بهینهٔ ورودیها در تقابل با خروجی، قابل تحقق است. لذا در این قسمت با توجه به توضیحات بخش ۳، باید یک مسأله IDEA برای به‌دست آوردن مقادیر بهینه حل شود. اما مقدار کارآیی در آخرین سال (۱۳۷۹) برابر با ۰/۷۸ به‌دست آمده است. همچنین مقدار نیروی کار، سرمایه و ارزش افزوده در این سال به ترتیب برابر است با ۱۳۰/۵۵۲، ۱۰۰/۶۳۲ و ۷۸/۲۸۶. لذا در سال بعد باید مقدار کارآیی با ۲ درصد افزایش نسبت به سال ۱۳۷۹ برابر با ۰/۷۹۵۶ شود. اما به دلیل انتخاب مدل CCR (مدل با بازده به مقیاس ثابت)، مقدار افزایش خروجی می‌تواند به هر اندازهٔ دلخواه تعیین گردد. بنابراین اگر فرض کنیم مقدار افزایش در ارزش افزوده، همان درصد کسب شده در سال قبل و برابر با ۳/۳۲ درصد تعیین شود، مدل GV1 را به منظور پیدا نمودن مقادیر بهینهٔ ورودیها به‌کار می‌گیریم. نتایج از این محاسبات مقدار ۱ درصد افزایش در نیروی کار و ۱/۲۹ درصد افزایش در سرمایه را نشان می‌دهد. بنابراین مقادیر بهینهٔ ورودیها به همراه خروجی و مقدار کارآیی در سال ۱۳۸۰ برای تحقق کمی الزام قانونی، در جدول زیر داده شده است.

سال	ارزش افزوده	نیروی کار	سرمایه	کارآیی
1380	885/80	85/131	934/101	7956/0

با مشخص شدن مقادیر نیروی کار، سرمایه و ارزش افزوده در سال ۱۳۸۰، این مقادیر کمی می‌تواند در اختیار برنامه‌ریزان و کارشناسان بهره‌وری در شرکت ملی نفت ایران قرار گرفته، تا با برنامه‌ریزی و ارائهٔ راهکار، بستر مناسبی را جهت تحقق مقادیر به‌دست آمده، ایجاد نمایند.

لازم به ذکر است که در صورت تحقق مقادیر نیرویکار، سرمایه و ارزش افزوده، روش پیشنهادی، مقدار افزایش ۲ درصدی در کارآیی را تضمین می‌نماید و در صورتی که با تجهیز، تحول و سرمایه‌گذاری در بخش امکانات و تکنولوژی، ۰/۵ درصد تغییر تکنولوژیکی داشته باشیم، رشد ۲/۵ درصدی در بهره‌وری کل عوامل نیز تحقق خواهد یافت. که این مهم، شدیداً وابسته به لایه‌های دیگر چرخهٔ بهبود بهره‌وری خواهد بود.

۶. نتیجه گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی

در این مقاله به منظور محاسبه و تحقق کمی رشد بهره‌وری، روشی جامع با بهره‌گیری از مدلهای ناپارامتری DEA ارائه گردید. در این روش، ابتدا روند تغییرات بهره‌وری در دوره‌های گذشتهٔ واحد تحت بررسی، تحلیل و سهم کارآیی و تکنولوژی در تغییرات هر دوره مشخص می‌شود. سپس بر اساس پیشینهٔ بهره‌وری این واحد و با توجه به امکانات و نظرات کارشناسی، درصد مورد انتظار در رشد بهره‌وری به عوامل کارآیی و تکنولوژی تخصیص می‌یابد و در انتها با مدلهای IDEA به مقادیر بهینهٔ ورودیها و خروجیها در جهت افزایش بهره‌وری دست می‌یابیم، تا بتوانیم در سایهٔ این مقادیر، به برنامه‌ریزی و ایجاد چرخهٔ بهبود بهره‌وری بپردازیم.

با توجه به الزامات قانونی برنامه چهارم توسعه در خصوص افزایش ۲/۵ درصدی در رشد سالیانه بهره‌وری کل عوامل در سازمانها و دستگاه‌های اجرایی، روش پیشنهادی را به‌منظور تحقق کمی الزامات قانونی در شرکت ملی نفت ایران به‌کار گرفتیم. این تحقیق نشان داد که عمده تغییرات بهره‌وری به واسطهٔ تغییرات کارآیی در دوره‌های گذشتهٔ این شرکت رخ داده و تکنولوژی و دانش فنی، سهم کمتری را در رشد بهره‌وری داشته است. بنابراین با توجه به این اطلاعات و نرخ رشد ارزش افزوده در این شرکت، مقادیر بهینهٔ سرمایه و نیروی کار به‌دست آمد.

محاسبه شاخصهای رشد بهره‌وری و به‌دست آوردن نقطهٔ بهینه در شاخصهای ورودی و خروجی، می‌تواند در جهت برنامه‌ریزی، ارائهٔ نقشهٔ راه و در نهایت ایجاد چرخهٔ بهبود بهره‌وری بسیار مفید باشد.که روش پیشنهادی در این مقاله می‌تواند به خوبی لایهٔ محاسباتی از این چرخه را پوشش دهد. و این محاسبات را در اختیار برنامه‌ریزان و کارشناسان بهره‌وری در سازمانها قرار دهد.

حال با عنایت به توضیحات مذکور و بر اساس یافته‌های این تحقیق، می‌توان چندین توصیهٔ سیاستی را نیز ارائه داد:

۱- محاسبه رشد بهره‌وری در شرکت ملی نفت ایران و نتایج حاصل آن، همان‌گونه که در مقاله به آن پرداخته شد، نتیجه تغییرات در کارآیی است و تغییرات تکنولوژی نقش مؤثری را ایفاد ننموده است. این در صورتی است که با وجود متخصصان و دانشمندان داخلی، می‌بایست بسترهای لازم برای بهره‌گیری از آنان و ارتباط آنان با صنعت هرچه بیشتر فراهم می‌شد تا تغییر در دانش فنی و ارتقاء جایگاه علمی کشور، نقش مستقیم خود را در رشد تکنولوژی نشان دهد.

در این مقاله به دلیل در دسترس بودن اطلاعات لازم و معتبر در شرکت ملی نفت ایران، محاسبات در این بخش صورت گرفته، اما این روش قابل تعمیم در کلیه بخشهای صنعتی و تولیدی است و امید می‌رود مسئولان مربوطه با عنایت به نتایج به دست آمده راهکارهایی در جهت پیشبرد اهداف کلان توسعه کشور از یک اقتصاد نهاده محور به یک اقتصاد بهره‌ور محور ارائه نمایند.

۲- سازمانهای اجرایی، برای تبدیل شدن به نهادهایی بهره‌ور محور باید ابتدا سازوکارهای مربوط به جمع‌آوری اطلاعات را سرلوحهٔ فعالیتهای خود قرار دهند، زیرا محاسبه و ایجاد ساختار بهبود بهره‌وری، بر پایهٔ اطلاعات صحیح و جامع از سازمان، معنی پیدا می‌کند. لذا، یک سازمان می‌تواند با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی و جمع‌آوری داده‌های بخشهای مختلف با سیستم‌های درون سازمانی نظیر سیستم‌های تحت وب، راه را برای ایجاد ساختار چرخهٔ بهبود بهره‌وری آماده نماید.

۳- بعد از تصمیم‌گیری در مورد انتخاب شاخصهای بهره‌وری، یک تکنیک مناسب مانند تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند محاسبات مربوط به شاخصهای بهره‌وری را انجام دهد و عوامل مؤثر در تغییرات بهره‌وری را معین نماید. اما ساخت یک سیستم مکانیزه، که به طور پیوسته با اتصال به سیستم اطلاعاتی سازمان، روند بهره‌وری سازمان را مانیتور کند، می‌تواند بسیار در تصمیم‌گیری و تجدید نظر در قبال فعالیتهای سازمان کمک نماید.

۴- باید دقت کرد که محاسبه بهره‌وری، شناخت عوامل مؤثر در تغییرات آن و در نهایت مشخص کردن نقاط بهینهٔ ورودیها و خروجیها، فقط بخشی از چرخهٔ بهبود بهره‌وری بحساب می‌آید. در حقیقت این بخش فقط بخش محاسباتی از چرخهٔ بهبود بهره‌وری را پوشش می‌دهد. لذا، نتایج از این محاسبات به تنهائی نمی‌تواند به افزایش بهره‌وری کمک نماید، بلکه افزایش بهره‌وری، نیازمند یک برنامه‌ریزی و تهیهٔ نقشه بهبود بهره‌وری است. اما برای برنامه‌ریزی در جهت افزایش بهره‌وری، احتیاج به شناخت سازمان از لحاظ پیشینه بهره‌وری و همچنین عوامل مؤثر در تغییرات بهره‌وری در دوره‌های گذشته است. لذا نتایج محاسبات می‌تواند پایه برنامه‌ریزی صحیح و عملی در افزایش بهره‌وری باشد.

فهرست منابع

۱. ابطحی، سید حسن و کاظمی، بابک (۱۳۸۲) بهره‌وری؛ مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.

۲. امامی میبدی، ع (۱۳۷۹) اصول اندازه‌گیری کارآیی و بهره‌وری؛ مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.

۳. اورعی، سید کاظم و پیمانکار، محمدصادق (۱۳۸۲) تحلیل و محاسبهٔ بهره‌وری؛ مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۴. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (سالهای مختلف) گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سایت http//www.cbi.ir

۵. وافی نجار، داریوش (۱۳۸۵) بهره‌وری کل عوامل در بخش نفت و گاز ایران؛ *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۷۵، مهر و آبان.

۶. خاکی، غلامرضا (۱۳۸۴) مدیریت بهره‌وری (تجزیه و تحلیل آن در سازمان)؛ مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

۷. علیرضائی، محمدرضا و افشاریان، محسن؛ ارائه مدلی تلفیقی برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل از مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص تورنکوئیست و محاسبه رشد بهره‌وری شرکت ملی نفت ایران؛ فصلنامه *مدرس* (در دست چاپ).

۸. علیرضائی، محمدرضا و افشاریان، محسن (۱۳۸۵) محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل و بررسی تغییرات کارآیی و تکنولوژی به کمک مدلهای تعمیم‌یافته تحلیل پوششی داده‌ها: یک مطالعه موردی در میدانهای نفتی؛ *فصلنامهٔ پژوهشهای اقتصادی*، سال ششم، شماره سوم، پائیز، ۹۰-۷۰.

۹. علیرضائی، محمد رضا؛ خلیلی، مسعود؛ افشاریان، محسن و تسلیمی، وحید (۱۳۸۵) مدلهای تعمیم یافته تحلیل پوششی داده‌های معکوس؛ *مجله علوم و تکنولوژی امیرکبیر*، سال هفدهم، پائیز و زمستان، ۷-۱.

10. Alirezaee, M. R. & Afsharian, M. (2007) Model Improvement for Computational Difficulties of DEA Technique in the Present of Special DMU's; *Applied Mathematics and Computations*, 186, 1600- 1611.

11. Alirezaee,M.R .& Afsharian,M. (2007) A Complete Ranking of DMUs Using Restrictions in DEA Models; *Applied Mathematics and Computations.* 189 1550-1559.

12. 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.

13. Brooke, A.D., Kendrick, A., Meeraus, A. and Raman, A. (1998) GAMS a User Guide; GAMS Development *Corporation.*

14. Casu, B., Girardone, C. & Molyneux, P. (2004) Productivity Change in European Banking: A Comparison of Parametric and Non-Parametric Approaches; Journal of Banking & Finance, 28, pp. 2521–2540.

15. Caves, D. W., Chirstensen, L. R., and Dievert,W. E. (1982) The Economic Theory of Index Number and the Measurment of Input, Output, and Productivity Econometrica, 50, pp. 1393-1414.

16. 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.
17. Chen,Y., Ali,A.I. (2004) DEA Malmquist Productivity Measure: New Insights with an Application to Computer Industry; European Journal of Operational Research, 159, pp. 239-49.
18. Desli,E. & Ray, (1997) S. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change In industr ialized Countries; The American Economic Review, 35. pp. 1033-1039.
19. Fare, R., Grosskof, S., Lindgren, B. & Roos, P. (1989) Productivity Developments in Swedish Hospital : A Malmquist Output Index Approach: in Charnes, Cooper, Lewin and, Seiford, Data Envelopment Analysis; Boston : Kluwer Academic Publishers .
20. Fare,R., Grosskof,S.,Lindgren,B. & Roos,P. (1989) Productivity Changes in Swedish Pharamacies 1980-1989 : A Non Parametric Approach; J. of productivity Analysis,3,pp.81-97.
21. Fare,R.,Grosskof,S.,Norris,M. & Zhang,Z (1994) Productivity Growth , Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialized Countries; *American Economic Review*,84.
22. Kirikal,L., Sõrg,M. & Vensel, V. (2004) Estonian Banking Sector Performance Analysis Using Malmquist Indexes And DuPont Financial Ratio Analysis; International Business & Economic Research Journal,3(12), pp. 21–36.
23. Maniadakis, N. & Thanassoulis, E (22004) A Cost Malmquist Productivity Index; European Journal of Operational Research, 154, pp. 396-409.
24. Malmquist,S. (1953) Index Numbers and Indifference Surfaces; *Trabajos de Estatistica*, 4, pp.209-242.
25. Nishmizu,M. & Page.J.M. (1982) Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change : Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia; *The Economic Journal*, 92, pp. 920-936.
26. Solow,R. (1957) Technical Change and The Aggregate Production Function; *Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312-320.
27. Tornqvist (1936) The Bank of Finland's Consumption Price Index; *Bank of Finland Monthly Bulletin*,10, pp. 1-8.
28. Zelenyuk,V. (2006) Aggregation of Malmquist Productivity Indexes; *European Journal of Operational* Research, pp. 1076-1086.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی