Archive of SID

نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴، از صفحه ۴۵ تا ۵۴

ارائهٔ مدل جامع ارزیابی عملکرد در محیط رقابتی با رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها، کارت امتیازی متوازن، و تئوری بازی‌ها (مطالعهٔ موردی: شرکت‌های سیمان)

مهنوش شکری[۱]، مصطفی جهانگشای رضایی[۲*]، حمیدرضا ایزدبخش[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی ارومیه

۲. استادیار دانشکدهٔ مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی ارومیه

۳. استادیار گروه مهندسی صنایع دانشکدهٔ فنی و مهندسی دانشگاه خوارزمی

(تاریخ دریافت ۹۳/۶/۲۳- تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۳/۹/۲۹- تاریخ تصویب ۹۳/۱۰/۲۸)

چکیده

در این تحقیق مدلی جامع برای ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیری ارائه می‌شود. در مدل ارائه‌شده از کارت امتیازی متوازن به منزلهٔ چارچوبی برای طراحی ساختار مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های به‌هم‌پیوسته استفاده شد. چهار مدل تحلیل پوششی داده‌های خروجی‌محور با بازده متغیر نسبت به مقیاس برای هر یک از چهار وجه کارت امتیازی متوازن در نظر گرفته شد و شاخص‌هایی متناسب با هر یک از وجوه به منزلهٔ ورودی و خروجی‌های مدل‌ها به کار رفت. در این مدل به نظریهٔ بازی چانه‌زنی نش برای نشان‌دادن تأثیر قدرت چانه‌زنی واحدها در محیط رقابتی توجه شد. بدین ترتیب رویکردی همه‌جانبه برای ارزیابی و بهبود عملکرد واحدها در محیط رقابتی ارائه می‌شود. در پایان، با ارائهٔ مطالعهٔ موردی هفده شرکت سیمان، از مجموعهٔ هلدینگ شستا، مدل اجرا و راهکارهایی برای بهبود وضعیت واحدهای با عملکرد ضعیف پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژگان: ارزیابی عملکرد، تئوری بازی چانه‌زنی نش، تحلیل پوششی داده‌ها، شرکت‌های سیمان، کارت امتیازی متوازن

مقدمه

افزایش پیچیدگی سازمان‌ها و رقابت روزافزون آن‌ها ضرورت استفاده از مدل‌های ارزیابی عملکرد را تأیید می‌کند. این رقابت پیچیده و تحولات سریع باعث شده سیستم‌های ارزیابی عملکرد نیز به موازات این پیچیدگی‌ها تغییر کنند و بهبود یابند. زیرا در دنیای رو به پیشرفت و تکنولوژیکی امروز رقابت گستردهٔ بازار در تاروپود روابط سازمان‌ها احساس می‌شود. در یک فرایند ارزیابی عملکرد کارایی و اثربخشی عملیات کمّی می‌شود. ارزیابی عملکرد می‌تواند مدیر را در کنترل موقعیت فعلی، نشان‌دادن مسیر آینده، و الگوبرداری از سازمان‌های دیگر یاری رساند. این امور همان اهداف ارتباطی سازمان‌اند[۱]. همچنین از نتایج یک ارزیابی موفق تدوین سیستم پاداش و تشویق کارکنان به یادگیری و در نتیجه تأمین اهداف انگیزشی سازمان است. در یک محیط رقابتی و پیچیده لزوم سیستمی یکپارچه و همه‌جانبه برای ارزیابی عملکرد امری حیاتی است. زیرا سیستم‌هایی که فقط بر وجه مالی سازمان اتکا دارند در این رقابت گسترده بی‌تردید جایی نخواهند داشت. سازمان برای پیشی‌گرفتن از رقبای خود باید به همهٔ وجوه، اعم از مالی و غیر مالی، توجه و برای آن‌ها برنامه‌ریزی کند. همان‌طور که از تحقیق آمادو برمی‌آید [۲]، تحلیلگر، به منظور کسب اطلاعات مفید در زمینهٔ ارزیابی عملکرد، باید برای ایجاد تحول و پویایی فرایندهای اصلی و فرعی سازمان تلاش کند. پس، باید علاوه بر دیدگاه مالی به سایر منافع ذی‌نفعان نیز توجه شود. به این منظور مدلی جامع با درنظرگرفتن همهٔ ابعاد مالی و غیر مالی سازمان ارائه می‌شود. برای رسیدن به این هدف، کارت امتیازی متوازن[۱] (BSC) انتخاب شد. کارت امتیازی متوازن چارچوبی مفهومی است برای تبدیل اهداف استراتژیک سازمان به مجموعه‌ای از مقیاس‌های عملکردی؛ که در چهار منظر مالی، مشتری، فرایندهای داخلی، و رشد و یادگیری گسترده می‌شود. البته تحلیل بر پایهٔ کارت امتیازی متوازن ممکن است در شناسایی ناکارایی استفاده از منابع دچار مشکل شود. مطالعات پیشین نشان می‌دهد تلفیق کارت امتیازی متوازن با تحلیل پوششی داده‌ها[۲] (DEA) می‌تواند بر این محدودیت‌ها غلبه کند. مطالعه در

* نویسنده مسئول تلفکس: ۰۴۴۳۱۹۸۰۲۶۵ Email : m.jahangoshai@uut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

زمینهٔ تحلیل پوششی داده‌ها را نخستین بار فارل در سال ۱۹۵۷ انجام داد. پس از آن در سال ۱۹۷۸ بحث اصلی DEA را چارنز، کوپر، و رودز با موضوع ارزیابی عملکرد مدارس دولتی امریکا پی گرفتند. مدل‌های ابتدایی تحلیل پوششی داده‌ها، از جمله DEA-CCR، با بازده ثابت نسبت به مقیاس را چارنز و DEA با بازده متغیر نسبت به مقیاس را کوپر توسعه داد [۳] .

تحلیل پوششی داده‌ها از همهٔ مشاهدات استفاده می‌کند و نیازی به اختصاص وزن ندارد؛ زیرا خود مدل وزن‌ها را تعیین می‌کند. این تکنیک واحدهای کارا و ناکارا را در شرایط یکسان تعیین و معرفی می‌کند. ملاک ارزیابی واحدهای ناکارا واحدهای همگنی است که در همان شرایط یکسان (نه به صورت یک سطح ازپیش‌تعیین‌شده یا شکل تبعی خاص) فعالیت می‌کنند. بنابراین، وضعیت عملکردی واحدها می‌تواند واقع‌بینانه ارزیابی شود. مدل‌های تلفیقی BSC-DEA اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲]. با توسعهٔ چندین مدل DEA امکان به‌حساب‌آوردن منافع ذی‌نفعان مختلف وجود خواهد داشت. از طرفی دیگر، نظریهٔ بازی‌ها برای تحلیل ریاضیاتی مسائلی که دربرگیرندهٔ موقعیت‌های متعارض‌اند استفاده می‌شود. پس می‌توان گفت این تئوری می‌تواند به طور مناسب رقابتی‌بودن محیط را شبیه‌سازی کند.

در ادامهٔ مقاله و در بخش دوم مقالات مرتبط در سه زیربخش DEA، BSC، و تئوری بازی مرور می‌شود. رویکرد و مدل پیشنهادی بر پایهٔ تحلیل پوششی داده‌ها، کارت امتیازی متوازن، و تئوری بازی در بخش سوم می‌آید. در بخش چهارم نیز یک مطالعهٔ موردی از شرکت‌های سیمان کشور برای اثبات توانایی مدل پیشنهادی ارائه می‌شود. در بخش پنجم مدل اجرا و نتایج تجزیه‌وتحلیل می‌شود. جمع‌بندی نهایی پژوهش نیز در همین بخش می‌آید.

پیشینهٔ پژوهش

با توجه به حجم وسیع پژوهش‌ها در زمینهٔ ارزیابی عملکرد، لزوم این موضوع بر کسی پوشیده نیست. برخی مطالعات مهم در این زمینه در ادامه می‌آید.

کاربردهای تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه‌های مختلف

الانریاجو و همکارانش [۴] برای ارزیابی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی روشی تلفیقی از رویکردهای DEA-ANN[۴]-IDA[۳] به کار بردند. مدل پیشنهادی مدل فراکارایی DEA را برای تحلیل حساسیت تعیین مصرف انرژی بحرانی و کاهش مصرف به کار برد.

یکی دیگر از کارهای تلفیقی در این زمینه تحقیق ابری [۵] است در زمینهٔ حساسیت و ثبات شعاع بازگشت به مقیاس و کارایی در DEA. نکتهٔ مهم در این تحقیق روشی جدید برای محاسبهٔ شعاع ثبات است که در آن تنوع داده‌ها نوع داده‌های کارا و نوع بازگشت به مقیاس را تغییر نمی‌دهد. در حقیقت، به‌دست‌آوردن شعاع ثبات هر دو هدف را به طور همزمان ارضا می‌کند.

رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از ماتریس کارایی متقاطع DEA بازه‌ای تحقیقی است که یانگ و همکارانش [۶] در این زمینه انجام دادند. آن‌ها می‌خواستند یک استراتژی جایگزین پیشنهاد دهند که در انتخاب استراتژی تهاجمی یا خیرخواهانه اولویت واحدهای تصمیم‌گیری را در نظر نگیرد. مطالعه‌ای موردی از ارزیابی کارایی هفت بخش دانشگاهی در یک دانشگاه نیز در مقالهٔ آن‌ها آمده است. عربزاد و همکارانش [۷] نیز مدل‌های DEA را برای ارزیابی توزیع بررسی کردند. در پژوهش ایشان یک روش DEA جامع برای ارزیابی توزیع پیشنهاد شده است. این ترکیب برای تشخیص وزن‌های مهم در ارزیابی به کار رفته سپس توزیع‌کنندگان با روش DEA ارزیابی شده‌اند. در پایان هم برای نشان‌دادن جنبه‌های کاربردی رویکرد پیشنهادشده مثالی عددی ارائه کرده‌اند. ریچارد و همکارانش [۸] در زمینهٔ بهره‌وری صنعت سیمان جهان تحقیقی انجام دادند. در این پژوهش برای تشخیص کارایی واحدهای سیمان، هم در حضور هم در غیاب گاز گلخانه‌ای کربن، از فرمول‌سازی‌های جایگزین DEA استاندارد و یک روش تابع فاصلهٔ جهت‌دار[۵] استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که گنجاندن یا حذف عوامل نامطلوب، مانند CO_2، بر سطح کارایی و همچنین سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید و استفاده از سوخت‌های جایگزین و مواد خام در سیمان و فرایندهای تولید کلینکر مؤثر است. لی و موگی و هوی [۹] در مقاله‌ای یک مدل ترکیبی از DEA و AHP برای تخصیص منابع R&D[۶] انرژی ارائه دادند. در مقالهٔ ایشان یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ دومرحله‌ای تلفیقی برای ارزیابی وزن‌های رابطه‌ای شاخص‌ها و اندازه‌گیری کارایی نسبی تکنولوژی‌های انرژی در برابر قیمت‌های بالای نفت ارائه شد. در مرحلهٔ اول فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل فازی[۷] (AHP) ابهامات اندیشهٔ بشر را به کمک مقادیر بازه‌ای به جای اعداد ثابت منعکس کرده است. در مرحلهٔ دوم تکنیک DEA کارایی رابطه‌ای تکنولوژی‌های انرژی را در

www.SID.ir

Archive of SID

مقابل قیمت‌های بالای نفت اندازه‌گیری می‌کند. نمرهٔ کارایی نسبی تکنولوژی‌های انرژی در برابر قیمت‌های بالای نفت می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های اساسی بینجامد که به تصمیم‌گیرندگان برای تخصیص مؤثر منابع R&D محدود کمک کند.

کا و وانگو و ونگ [۱۰] تحقیقی با هدف ارائهٔ یک مدل اندازه‌گیری عملکرد مدیریت دانش در محیطی تصادفی بر اساس DEA، شبیه‌سازی مونت کارلو،[۸] و الگوریتم ژنتیک[۹] انجام دادند.

جرج هالکوس و همکارانش [۱۱] با هدف اندازه‌گیری کارایی سازمان تأمین اجتماعی یونان از دیدگاه منطقه‌ای با به‌کارگیری مدل‌های ناپارامتریِ مقید تحقیقی انجام دادند. این مطالعه متون موجود در زمینهٔ ارزیابی عملکرد را بازبینی کرد و در این زمینه‌ها مدل‌هایی پیشنهاد داد. نیز با استفاده از مدل‌های DEA و FDH[۱۰] عملکرد خدمات تأمین اجتماعی ادارات یونانی ارزیابی و سطح راندمان آن‌ها مقایسه و در مفهومی محلی تجزیه‌وتحلیل شد.

کاربردهای تئوری بازی در تحلیل پوششی داده‌ها

جهانگشای رضایی و همکارانش [۱۲] در پژوهشی یک رویکرد تئوری بازی برای ارزیابی عملکرد، با درنظرگرفتن شاخص‌های عملیاتی و غیر عملیاتی نیروگاه‌های حرارتی در ایران، ارائه دادند. در این تحقیق دو دسته ورودی (عملیاتی و غیر عملیاتی) برای اندازه‌گیری عملکرد نیروگاه‌های حرارتی تعریف شد. مطالعهٔ موردی به‌کاررفته در این پژوهش نشان می‌دهد چگونه معیارهای کارایی جداگانه در یک ساختار واحد با هم ترکیب شوند. ایشان در پژوهش خود رویکرد DEA و تئوری بازی را برای ارزیابی DMUها در مقیاسی بزرگ ارائه کردند. به این منظور، مدل DEA معمولی و بازی چانه‌زنی به منزلهٔ یک مدل بازی تعاونی با هم ترکیب شدند.

تخصیص هزینهٔ موجودی مشترک بر پایهٔ بازی با همکاری و DEA را ژانگ و همکارانش [۱۳] انجام دادند. در این پژوهش با استفاده از تئوری بازی مشارکتی و روش تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه‌ای انجام شد. با تحلیل سهم ورودی و خروجی هر شرکت‌کننده یک روش تخصیص هزینه با رعایت عقلانیت تخصیص پیشنهاد و برای بررسی صحت نتایج نیز از مثالی عددی استفاده شد.

لیانگ و کوک و زو [۱۴] در پژوهش خود یک رویکرد ترکیبی از تئوری بازی و تجزیهٔ کارایی از مدل‌های DEA برای فرایندهای دومرحله‌ای ارائه کردند.

کاربردهای ترکیبی کارت امتیازی متوازن با تحلیل پوششی داده‌ها

عادل آذر و همکارانش [۱۵] در تحقیقی به ارزیابی عملکرد متوازن با تأکید بر شاخص‌های BSC پرداختند. آن‌ها یک مدل جدید BSC–DEA ارائه کردند. از مزایای مدل پیشنهادی ایشان می‌توان به فراهم‌کردن بینش جامع از کسب‌وکار برای مدیران، ارزیابی متوازن بر اساس همهٔ جنبه‌های مطرح‌شده در BSC و حفظ تعادل بین آن‌ها، خطی‌بودن و انعطاف‌پذیری مدل، و قدرت تفکیک بالا اشاره کرد. در پایان، تجربه‌ای از به‌کارگیری مدل پیشنهادی در ارزیابی عملکرد شرکت‌های کاشی و سرامیک استان یزد را در مقالهٔ خود آورده‌اند. آمادو و همکارانش [۲] نیز در مطالعه‌ای به ارزیابی عملکرد با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیازی متوازن پرداختند.

«یک مدل بازی چانه‌زنی برای تجزیهٔ کارایی در مدل متمرکز سیستم‌های دومرحله‌ای» نام تحقیقی است که ژو و همکارانش [۱۶] در زمینهٔ ارزیابی عملکرد انجام دادند.

رویکرد پیشنهادی

در رویکرد پیشنهادی، برای ارزیابی یکپارچهٔ عملکرد، DEA و BSC و تئوری بازی چانه‌زنی نش با یک‌دیگر ترکیب شدند. سپس با استفاده از تغییر متغیرهایی به ساده‌سازی هر چه بیشتر مدل و تبدیل مدل کسری غیر خطی به مدل غیر خطی ساده پرداخته شد.

BSC چارچوبی مفهومی است برای ترجمهٔ اهداف استراتژیک سازمان به مجموعه‌ای از مقیاس‌های عملکردی؛ که در چهار منظر مالی، مشتری، فرایندهای داخلی، و رشد و یادگیری گسترده شده است. با توسعهٔ چندین مدل DEA امکان به‌حساب‌آوردن منافع ذی‌نفعان مختلف وجود دارد. در این چارچوب خروجی‌های هر مدل ورودی‌های مدل قبلی است. به این ترتیب که از خروجی‌های مدل رشد و یادگیری به مثابهٔ ورودی‌های مدل فرایندهای داخلی استفاده می‌شود؛ به همین ترتیب خروجی‌های این مدل به منزلهٔ ورودی‌های مدل مشتری، خروجی‌های مدل مشتری به مثابهٔ ورودی‌های مدل مالی، و در نهایت خروجی‌های مدل مالی همان خروجی‌های نهایی مدل یکپارچهٔ ماست. بنابراین چهار مدل DEA به‌هم‌مرتبط وجود دارد. DEA یکی از ابزارهای قدرتمند ارزیابی عملکرد است؛ اما نارسایی‌هایی دارد، از قبیل نادیده‌گرفتن برخی اطلاعات حیاتی [۲] و حساسیت به تغییرات مجموعهٔ ورودی- خروجی‌ها [۱۲]. مطالعات

www.SID.ir

Archive of SID

پیشین نشان می‌دهد تلفیق DEA با BSC می‌تواند بر این محدودیت‌ها غلبه کند.

در مرحلهٔ بعد با استفاده از مدل بازی چانه‌زنی نش عملکرد DMUها به طور همزمان با این چهار مدل اندازه‌گیری می‌شود. در نظریهٔ بازی، هدف هر بازیکن به‌حداکثررساندن مطلوبیت خود است. البته محدودیت‌های موجود بر این نتیجه تأثیر می‌گذارند. نظریهٔ بازی‌ها را می‌توان یک تکنیک ریاضیاتی دانست. هدف این تکنیک تحلیل مسائلی است که موقعیت‌های درتعارض را دربرمی‌گیرند.

در مدل پیشنهادی این پژوهش از نظریهٔ بازی چانه‌زنی نش بهره گرفته شد. در این نظریه هر مرحله به صورت یک بازیکن و کل فرایند به صورت مدلی متمرکز با هدف بهینه‌کردن کارایی کل مدل در نظر گرفته می‌شود.

این مسئلهٔ چانه‌زنی را می‌توان به صورت بردار N, S, b تعریف کرد که در آن N={1, ..., 4} یک مجموعه از چهار شرکت‌کننده، S مجموعهٔ شدنی زیرمجموعهٔ فضای نتیجه، و b نقطهٔ شکست و زیرمجموعهٔ S است. جواب شدنی این مدلْ کارای پارتو است. ثابت شده برای این بازی یک حل یکتا وجود دارد که حل نش نامیده می‌شود و با حل مدل بهینه‌سازی $\max \prod_{i=1}^{4} (u_i - b_i)$ به دست می‌آید که در آن u_i و b_i iامین عضو از بردارهای u و b و u بردار نتیجه است. طبق این مدل، مجموعهٔ شدنی باید فشرده و محدب باشد. پس هر نتیجهٔ به‌دست‌آمده باید بزرگ‌تر از نقاط شکست باشد. منظور از نقاط شکست مقادیری است که در صورت کناره‌گیری یک بازیکن از چانه‌زنی حاصل می‌شود. نقاط شکست نقاط شروع بازی چانه‌زنی‌اند [۱۲]. در مرحلهٔ بعد برای تخمین نقاط شکست از رویکرد کارایی متقاطع استفاده می‌شود. روش کارایی متقاطع روشی است بسیار نزدیک به واقعیت که در آن کارایی هر واحد تصمیم‌گیری با استفاده از وزن‌های بهینهٔ سایر واحدها به دست می‌آید.

برای این منظور نمرهٔ کارایی متقاطع یک واحد به کمک مجموعه‌ای از وزن‌های بهینه $u^*_{1d}, u^*_{2d}, \ldots,$, $v^*_{1d}, \ldots, v^*_{md}$, به دست می‌آید. سپس، کارایی متقاطع DMU معین با استفاده از وزن‌های دیگر واحدها به صورت رابطه‌های ۱ تا ۳ تعریف می‌شود:

$$E_{qj} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u^*_{rq} z_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v^*_{iq} x_{ij}} \quad q, j = 1, \ldots, m \qquad (۱)$$

میانگین کل E_{qj}ها کارایی متقاطع DMUj است.

$$\overline{E_J} = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^{n} E_{qj} \qquad (۲)$$

$\overline{E_J}$ نمرهٔ کارایی متقاطع واحد jام است. در این تحقیق از روش کارایی متقاطع برای تعیین نقاط شکست استفاده می‌شود.

$$\theta_{\text{cross}} = \inf_{q,j} \left(E_{q.j} \right) \qquad (۳)$$

طبق این روش نقاط شکست برای مدل‌های اول تا چهارم به ترتیب با نمادهای $\theta^a, \theta^b, \theta^c, \theta^d$ نشان داده شده‌اند[۱۲].

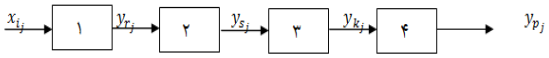
ارائهٔ مدل غیر کسری DEA-BSC-Game

در این بخش مدل تلفیقی DEA-BSC-Game theory ارائه می‌شود. فرض می‌کنیم n واحد داریم و هر واحد jام m ورودی در مرحلهٔ اول (دیدگاه رشد و یادگیری) دارد که با $(x_{ij}; i = 1, \ldots, m)$ نشان داده می‌شوند و s_1 خروجی از این مرحله با $(y_{rj}; r = 1, \ldots, s_1)$ نشان داده می‌شود. s_1 خروجی همان ورودی‌های مرحلهٔ دوم (دیدگاه فرایندهای داخلی) است و خروجی‌های مرحلهٔ دوم، که با $(y_{sj}; s = 1, \ldots, s_2)$ نشان داده می‌شوند، ورودی‌های مرحلهٔ سوم (دیدگاه مشتری) و خروجی‌های مرحلهٔ سوم، یعنی $(y_{kj}; k = 1, \ldots, s_3)$، ورودی‌های مرحلهٔ چهارم (دیدگاه مالی) هستند. خروجی‌های وجه مالی نیز با $(y_{pj}; p = 1, \ldots, s_4)$ نشان داده می‌شوند. به‌علاوه فرض می‌کنیم شاخص‌های لازم برای ارزیابی عملکرد واحدها مشخص شده و شاخص‌ها و وجوه کارت امتیازی متوازن به منزلهٔ مبنای استاندارد استفاده شده است. رویکرد استفاده‌شده در این مقاله با به‌کارگیری گستردهٔ شاخص‌ها به منظور غلبه بر محدودیت‌های مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مفید خواهد بود. محدودیت‌های ۱ تا ۴ محدودیت‌های بازی چانه‌زنی نش است که نشان می‌دهد مقدار کارایی هر واحد در هر یک از وجوه باید بزرگ‌تر یا مساوی مقادیر نقاط شکست متناظرشان باشد. سایر محدودیت‌ها نیز محدودیت‌های مرسوم در تحلیل پوششی داده‌هاست که برای وجوه مختلف بازنویسی شده‌اند.

با روشی شبیه آنچه در تحقیق جهانگشای رضایی و همکارانش [۱۲] آمده است ثابت می‌شود ناحیهٔ شدنی این مدل فشرده و محدب است. می‌توان چارچوب کلی مدل را در شکل ۱ دید:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. فرایند چهارمرحله‌ای

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این مدل خروجی‌های هر مرحله به مثابهٔ ورودی‌های مرحلهٔ بعد در نظر گرفته می‌شوند و از این طریق وابستگی وجوه BSC و تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر روشن می‌شود. با درنظرگرفتن فضای رقابتی، در واقع هر یک از این چهار مرحله یک بازیکن در بازی چانه‌زنی در نظر گرفته شده‌اند و برای به‌دست‌آوردن بهترین نتیجهٔ ممکن طبق شیوهٔ نش بهترین راه‌حل از کم‌کردن نتیجهٔ شکست هر مرحله از نمرهٔ کارایی آن مرحله و ضرب‌کردن این چهار راه‌حل به دست می‌آید [۱۶]. با توجه به آنچه آمد، مدل ترکیبی به صورت رابطهٔ ۴ خواهد بود:

(۴)

$$\begin{aligned}
&\text{Max}\left(\frac{\sum_{r=1}^{s_1} u_r^a y_{ro}^a}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} - \theta^a\right).\left(\frac{\sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{so}^b}{\sum_{r=1}^{s_1} u_r^a y_{ro}^a} - \theta^b\right)\\
&.\left(\frac{\sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{ko}^c}{\sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{so}^b} - \theta^c\right).\left(\frac{\sum_{p=1}^{s_4} u_p^d y_{po}^d}{\sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{ko}^c} - \theta^d\right)\\
&st.\\
&\frac{\sum_{r=1}^{s_1} u_r^a y_{ro}^a}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \geq \theta^a \qquad \frac{\sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{so}^b}{\sum_{r=1}^{s_1} u_r^a y_{ro}^a} \geq \theta^b\\
&\frac{\sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{ko}^c}{\sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{so}^b} \geq \theta^c \qquad \frac{\sum_{p=1}^{s_4} u_p^d y_{po}^d}{\sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{ko}^c} \geq \theta^d\\
&\frac{\sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{sj}^b}{\sum_{r=1}^{s_1} u_r^a y_{rj}^a} \leq 1 \qquad j=1,\ldots,n\\
&\frac{\sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{kj}^c}{\sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{sj}^b} \leq 1 \qquad j=1,\ldots,n\\
&\frac{\sum_{p=1}^{s_4} u_p^d y_{pj}^d}{\sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{kj}^c} \leq 1 \qquad j=1,\ldots,n\\
&v_i, u_r^a, u_s^b, u_k^c, u_p^d > 0 \quad , i=1,\ldots,m;\\
&r=1,\ldots,s_1; s=1,\ldots,s_2;\\
&k=1,\ldots,s_3; p=1,\ldots,s_4
\end{aligned}$$

در مرحلهٔ بعد، از این وابستگی‌ها استفاده می‌شود و برای به‌دست‌آوردن خروجی‌هایی بهتر با خطای کمتر و اجرای آسان‌تر به وسیلهٔ نرم‌افزار، با تغییر متغیرها به کمک روابط ۵ تا ۱۶، مدل ذکرشده ساده می‌شود:

$$t_1 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \qquad (۵)$$

$$t_2 = \frac{1}{t_1 \sum_{r=1}^{s_1} u_r^a y_{ro}^a} \qquad (۶)$$

$$t_3 = \frac{1}{t_1 t_2 \sum_{s=1}^{s_2} u_s^b y_{so}^b} \qquad (۷)$$

$$t_4 = \frac{1}{t_1 t_2 t_3 \sum_{k=1}^{s_3} u_k^c y_{ko}^c} \qquad (۸)$$

$$t_1 v_i = \gamma_i \qquad (۹)$$

$$t_1 u_r^a = \mu_{1r}^a \qquad (۱۰)$$

$$t_1 t_2 u_r^a = \mu_{2r}^a \qquad (۱۱)$$

$$t_1 t_2 u_s^b = \mu_{1s}^b \qquad (۱۲)$$

$$t_1 t_2 t_3 u_s^b = \mu_{2s}^b \qquad (۱۳)$$

$$t_1 t_2 t_3 u_k^c = \mu_{1k}^c \qquad (۱۴)$$

$$t_1 t_2 t_3 t_4 u_k^c = \mu_{2k}^c \qquad (۱۵)$$

$$t_1 t_2 t_3 t_4 u_p^d = \mu_{1p}^d \qquad (۱۶)$$

با جای‌گذاری در محدودیت‌های ۹ تا ۱۶ محدودیت‌های ۱۷ تا ۱۹ به دست می‌آید.

از محدودیت‌های ۱۰ و ۱۱ داریم:

$$\mu_{2r}^a = t_2 \mu_{1r}^a \qquad (۱۷)$$

از محدودیت‌های ۱۲ و ۱۳ داریم:

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۸)
$$\mu_{2s}^{b} = t_3 \mu_{1s}^{b}$$

از محدودیت‌های ۱۴ و ۱۵ داریم:

(۱۹)
$$\mu_{2k}^{c} = t_4 \mu_{1k}^{c}$$

با استفاده از محدودیت‌های تعریف‌شدهٔ ۹ تا ۱۹، مدل ساده‌شده به صورت رابطهٔ ۲۰ خواهد بود:(۲۱)

(۲۰)
$$\begin{aligned}
&\mathrm{Max} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \mu_{1r}^{a} y_{ro}^{a} - \theta^{a} \right) \left(\sum_{s=1}^{s_2} \mu_{1s}^{b} y_{so}^{b} - \theta^{b} \right) \left(\sum_{k=1}^{s_3} \mu_{1k}^{c} y_{ko}^{c} - \theta^{c} \right) \left(\sum_{p=1}^{s_4} \mu_{1p}^{d} y_{po}^{d} - \theta^{d} \right) \\
&s.t. \\
&\sum_{r=1}^{s_1} \mu_{1r}^{a} y_{ro}^{a} \geq \theta^{a} \\
&\sum_{s=1}^{s_2} \mu_{1s}^{b} y_{so}^{b} \geq \theta^{b} \\
&\sum_{k=1}^{s_3} \mu_{1k}^{c} y_{ko}^{c} \geq \theta^{c} \\
&\sum_{p=1}^{s_4} \mu_{1p}^{d} y_{po}^{d} \geq \theta^{d} \\
&\sum_{r=1}^{s_1} \mu_{1r}^{a} y_{rj}^{a} - \sum_{i=1}^{m} \gamma_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \ldots, n \\
&\sum_{s=1}^{s_2} \mu_{1s}^{b} y_{sj}^{b} - t_2 \sum_{r=1}^{s_1} \mu_{1r}^{a} y_{rj}^{a} \leq 0 \quad j = 1, \ldots, n \\
&\sum_{k=1}^{s_3} \mu_{1k}^{c} y_{kj}^{c} - t_3 \sum_{s=1}^{s_2} \mu_{1s}^{b} y_{sj}^{b} \leq 0 \quad j = 1, \ldots, n \\
&\sum_{p=1}^{s_4} \mu_{1p}^{d} y_{pj}^{d} - t_4 \sum_{k=1}^{s_3} \mu_{1k}^{c} y_{kj}^{c} \leq 0 \quad j = 1, \ldots, n \\
&\sum_{i=1}^{m} \gamma_i x_{io} = 1 \\
&t_2 \sum_{r=1}^{s_1} \mu_{1r}^{a} y_{ro}^{a} = 1 \\
&t_3 \sum_{s=1}^{s_2} \mu_{1s}^{b} y_{so}^{b} = 1 \\
&t_4 \sum_{k=1}^{s_3} \mu_{1k}^{c} y_{ko}^{c} = 1 \\
&v_i, u_r^{a}, u_s^{b}, u_k^{c}, u_p^{d} > 0 \quad i = 1, \ldots, m; \\
&r = 1, \ldots, s_1; s = 1, \ldots, s_2; k = 1, \ldots, s_3; p = 1, \ldots, s_4
\end{aligned}$$

مطالعهٔ موردی

به منظور بررسی و تصدیق اعتبار مدل پیشنهادی و اثبات کاربردی‌بودن آن و مقایسهٔ نتایج آن با نتایج DEA معمولی، از یک مطالعهٔ موردی بهره گرفته شد. به این منظور اطلاعات هفده شرکت سیمان زیرمجموعهٔ هلدینگ شستا گردآوری شد. داده‌ها مربوط به سال ۱۳۹۱ است. گفتنی است این تعداد واحد تصمیم برای کسب نتایج دقیق کافی است و از رابطهٔ ۲۱ پیروی می‌کند [۱۲]:

(تعداد ورودی‌ها + تعداد) ≤ تعداد واحدهای تحت ارزیابی
۳ × خروجی‌ها)

با توجه به چشم‌انداز صنایع سیمان و البته محدودیت‌های موجود و عدم دسترسی به اطلاعات افزون‌تر از اهداف هر یک از وجوه شاخص‌هایی، مطابق آنچه در پی می‌آید، انتخاب می‌شود و برای ورودی خروجی‌های مدل‌های DEA به کار می‌رود.

وجه رشد و یادگیری

ورودی‌ها: هزینهٔ آموزش کارکنان

یکی از راه‌های رشد و ارتقای یادگیری کارکنان سازمان‌ها هزینه‌کردن برای آموزش و بالابردن توانایی‌های آن‌هاست. رسیدن به هدف با اجرای دوره‌های آموزشی ضمن خدمت، آموزش‌های شغلی برای مدیران و کارکنان، و صرف هزینه در این مقوله امکان‌پذیر است. به‌وضوح قابل درک است که هدف از آموزش کارکنان دستیابی به افزایش بازدهی و ارتقای کیفیت، رضایت شغلی بیشتر، سوانح کمتر، نیاز کمتر به نظارت دقیق، و قابلیت انطباق بیشتر با روش‌های جدید است.

تعداد کمیته‌های تشکیل‌شده برای بهبود وضعیت

بهبود وضعیت آموزشی سیستم نیازمند برگزاری جلسات و کمیته‌هایی از سوی مدیران عالی سازمان است. در این کمیته‌ها وضعیت سازمان و وضعیت آموزشی کارکنان بررسی می‌شود.

تعداد کارکنان

ورودی سوم وجه رشد و یادگیری تعداد کارکنان انتخاب‌شده است. گفتنی است هر چه کارکنان ماهرتر باشند، رشد آن‌ها صحیح‌تر انجام می‌گیرد و در نتیجه رشد سازمان نیز روندی صعودی به خود می‌گیرد.

خروجی‌ها: نرخ کارکنان ماهر

داشتن نیروی انسانی خلاق هم به رشد و یادگیری سازمان کمک می‌کند و هم موجب بهبود اجرای فرایندهای داخلی سازمان می‌شود؛ زیرا کارکنان ماهر و خلاق شرایط موجود

www.SID.ir

Archive of SID

را برای بهبود فرایندهای کسب و کار زیر سؤال می‌برند و توجه مدیران را به بهبود شرایط موجود سازمان و رفع نقاط ضعف آن معطوف می‌کنند. این شاخص در این تحقیق ورودی وجه فرایند و خروجی وجه رشد و یادگیری در نظر گرفته شد؛ زیرا افزایش تعداد کارکنان ماهر خروجی مطلوب برای وجه رشد و یادگیری و ورودی لازم برای وجه فرایندهای داخلی است.

افزایش ارزیابی‌های EFQM [11]

مدل جایزهٔ ملی بهره‌وری و تعالی سازمان (EFQM) در سال ۱۹۹۲ به منزلهٔ چارچوبی برای ارزیابی در جایزهٔ کیفیت اروپا مطرح و معرفی شد. این مدل به سازمان‌ها کمک می‌کند بتوانند تشخیص دهند در کجای مسیر پیشرفت و تعالی قرار گرفته‌اند. ارزش تأثیرات واقعی مدل تعالی EFQM در استفاده از آن به مثابهٔ یک سیستم مدیریتی و یک عامل مهم در رشد خودارزیابی سازمان‌هاست. رشد ارزیابی‌های EFQM نشان‌دهندهٔ رشد و تعالی سازمان است. بنابراین، به عنوان خروجی وجه رشد و یادگیری و ورودی وجه فرایند در نظر گرفته می‌شود.

وجه فرایندهای داخلی

ورودی‌ها: همان خروجی‌های وجه قبل است.

خروجی‌ها: روزهای توقف کار

روزهای وقفه در کار خروجی نامطلوب برای وجه فرایند محسوب می‌شود. گفتنی است در اجرای مدل و ورود داده‌های این شاخص از رابطهٔ ۲۲ برای تبدیل این شاخص به خروجی مطلوب استفاده شد؛ که در آن y_{ro} خروجی نامطلوب و y_{ro} خروجی تبدیل‌شدهٔ مطلوب است:

$$y_{ro}=(\mathrm{Max}\, y_{rj})-y_{ro}+1 \qquad (۲۲)$$

انرژی (Kwh/ton)

میزان انرژی مصرفی سازمان نیز یک خروجی نامطلوب به شمار می‌رود و با روش یادشده به خروجی مطلوب تبدیل می‌شود.

تولید (ton/No. human)

میزان سیمان تولیدشده وضعیت فرایندهای داخلی سازمان را نشان می‌دهد. مسلماً تولید بیشتر به ازای هر نیروی انسانی نشان‌دهندهٔ اجرای بهتر فرایندهای داخلی سازمان است.

وجه مشتری

ورودی‌ها: همان خروجی‌های وجه قبل‌اند.

خروجی‌ها: صادرات (٪)

میزان صادرات بیشتر نشانهٔ رضایت بیشتر مشتریان است؛ زیرا صادرات بیشتر نشانهٔ تقاضای بیشتر و تقاضای بیشتر نشانهٔ اعتماد مشتریان به محصول و رضایت آنان است. پس، می‌توان آن را یک خروجی مطلوب وجه مشتری در نظر گرفت.

هزینه (ریال)

یکی از راه‌های کسب رضایت مشتریان تبلیغات است و این خود نیازمند هزینه است. همچنین، برای بهبود وضعیت مالی سازمان به هزینه نیاز است. این عامل یکی از خروجی‌های نامطلوب وجه مشتری محسوب می‌شود.

وجه مالی

ورودی‌ها: همان خروجی‌های وجه قبل‌اند.

خروجی‌ها: EPS(%)

سود هر سهم (EPS) یکی از آماره‌های مالی بسیار مهم است که سرمایه‌گذاران و تحلیلگران مالی به آن بسیار توجه می‌کنند. EPS از تقسیم سود پس از کسر مالیات شرکت بر تعداد کل سهام محاسبه می‌شود؛ که نشان‌دهندهٔ سودی است که شرکت در یک دورهٔ مشخص به ازای یک سهم عادی به دست آورده است. مسلماً هر چه این عامل بیشتر باشد وضعیت مالی سازمان بهتر است.

درآمد (میلیون ریال)

یکی از خروجی‌های بارز سازمان که از نظر مالی در شرایط ایده‌آل قرار دارد درآمد بالای آن است.

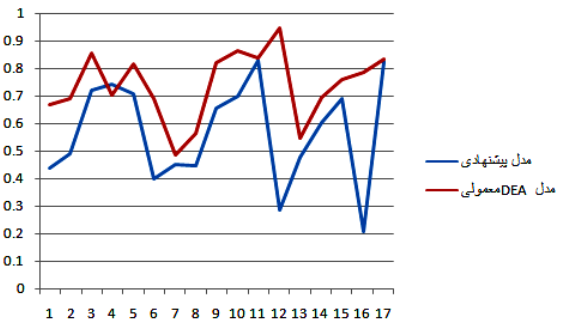
نتیجه‌گیری

پس از تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های هر مرحله، همان‌طور که در بخش قبل شرح داده شد، مقادیر نقاط شکست هر مرحله با رویکرد کارایی متقاطع به دست می‌آید. سپس با قراردادن اطلاعات هر یک از وجوه کارت امتیازی متوازن در مدل غیر کسری (رابطهٔ ۲۰) نمره‌های کارایی هر یک از وجوه کارت امتیازی متوازن، که به صورت اهداف به‌هم‌وابستهٔ ۱ تا ۴ (رشد و یادگیری و ...) در مدل ۲۰ ظاهر شده‌اند، حاصل می‌شود. نمره‌های کارایی در جدول ۲ می‌آید. برای مقایسهٔ بهتر، نتایج مدل DEA معمولی نیز در جدول ۱ می‌آید. شکل ۲ مقایسه‌ای از امتیازات کارایی دو رویکرد تحلیل پوششی داده‌های مرسوم و همچنین تحلیل پوششی داده‌های رقابتی را نشان می‌دهد. کاملاً واضح است که مدل تحلیل پوششی داده‌های مرسوم نسبت به رویکرد

www.SID.ir

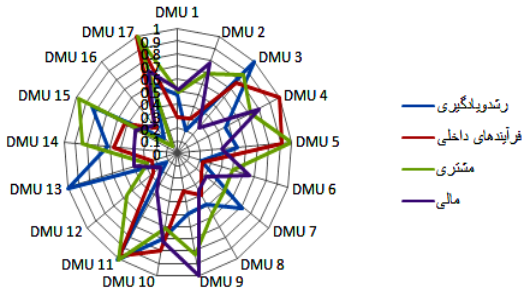
Archive of SID

رقابتی مقادیر کارایی محاسبه‌شدهٔ بالاتری دارد. این موضوع نشان می‌دهد زمانی که بین وجوه مختلف ارتباط برقرار نباشد مقادیر کارایی به طور محسوسی زیادتر محاسبه می‌شود؛ در حالی که مقادیر واقعیِ کارایی کمتر از این مقادیر محاسبه شده است. با نگاهی به جدول‌های ۱ و ۲ مشخص می‌شود نمرات کارایی روش تحلیل پوششی داده‌های مرسوم نسبت به روش تلفیقی در سطح بالاتری قرار دارد. این موضوع ناشی از دقت پایین مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها و عدم کارایی در تفکیک واحدهای تصمیم‌گیری است. این نقص نیز در مدل پیشنهادی رفع شده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تعداد واحدهای با کارایی یک کاهش یافته و این نشان می‌دهد برخی واحدهایی که طبق مدل DEA معمولی کارا به نظر می‌رسند در واقعیت دچار ناکارایی عوامل تولیدند. برای مقایسهٔ بهتر، نتایج رویکرد پیشنهادی در نمودار رادار شکل ۳ می‌آید. در شکل ۳، نتایج هر یک از وجوه کارت امتیازی متوازن برای هر یک از واحدها مشاهده می‌شود. شکل ۳ به صورت خلاصه نشان می‌دهد واحدها در کدام وجوه بیشترین امتیاز کارایی را کسب کرده‌اند و در کدام‌یک امتیازات پایین‌تری دارند. طبق جدول ۲ واحدهای ۱۱ و ۱۷ و ۴ به ترتیب بیشترین نمره‌های کارایی را کسب کرده‌اند. با نگاهی به نمودار رادار روشن می‌شود این واحدها همگی در وجوه غیر مالی نمره‌های کارایی بالایی کسب کرده‌اند. واحد ۱۱ در وجوه رشد و یادگیری و مشتری امتیاز ۱ و در وجه فرایندهای داخلی نمرهٔ ۰/۹ را به دست آورده است و با وجود کسب امتیاز پایین ۰/۳۵ در وجه مالی توانسته است بالاترین رتبه را از نظر نمرهٔ کارایی متوسط کلی به دست بیاورد. این خود دلیلی بر اهمیت وجوه غیر مالی و سرنوشت‌سازبودن آن‌ها در رشد و ترقی سازمان و بی‌رقیب‌شدن آن در محیط رقابتی و پرچالش امروز است.



شکل ۲. مقایسهٔ متوسط کارایی مدل DEA استاندارد و مدل پیشنهادی

در رتبه‌بندی واحدها، واحدهای ۱۶ و ۱۲ با پایین‌ترین نمره‌های کارایی متوسط رتبه‌های آخر را کسب کرده‌اند. با نگاهی به نمودار رادار می‌بینیم که این واحدها در وجوه رشد و یادگیری، فرایندهای داخلی، و مشتری نمره‌های بسیار پایین و نزدیک به ۰ دارند. در این واحدها ضعف در وجوه غیر مالی موجب ضعف در وجه مالی و به طور کلی ضعف کارایی متوسط آن‌ها شده است. برای اصلاح این وضعیت و بهبود عملکرد این واحدها پیشنهاد می‌شود واحد ۱۶در درجهٔ اول با ایجاد اصلاحاتی در وجه مشتری و سپس رشد و یادگیری و فرایندهای داخلی به بهبود اوضاع مالی و کارایی شرکت بپردازد.



شکل ۳. نمایش نقاط کارایی وجوه کارت امتیازی متوازن حاصل از مدل پیشنهادی

با توجه به شاخص‌های وجه مشتری می‌توان گفت این واحد با جذب مشتریان و جلب نظر آن‌ها با افزایش تبلیغات و هزینه‌کردن در این بخش و افزایش میزان صادرات محصول می‌تواند گامی مهم برای اصلاح اوضاع نابه‌سامان شرکت بردارد. با توجه به شاخص‌های وجه رشد و یادگیری می‌توان گفت مدیر این شرکت توجه چندانی به آموزش کارکنان و رشد دانش کاری آن‌ها ندارد. این واحد می‌تواند با افزایش تعداد کارکنان، هزینه‌کردن برای آموزش آن‌ها، استخدام کارکنان ماهر و افزایش ارزیابی‌های EFQM موجب بالابردن سطح کارایی وجه رشد و یادگیری سازمان خود شود. این وضعیت موجب بهبود فرایندهای داخلی می‌شود و این خود وسیله‌ای برای برای جلب مشتریان و بالارفتن تقاضای محصولات شرکت و در نتیجه فروش و کسب درآمد بیشتر و بهبود روزافزون اوضاع مالی شرکت خواهد بود و کارایی کل شرکت به طور قابل ملاحظه‌ای بالا خواهد رفت. بر اساس نتایج، می‌توان گفت منشأ ناکارایی صنایع نادیده‌گرفتن تأثیر وجوه غیر مالی سازمان بر میزان کارایی اکتسابی است. این موضوع با مقایسهٔ جدول ۱ و ۲ و همچنین از شکل ۱ روشن

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. در صورتی که شاخص‌های استفاده‌شده محدود شود نمی‌توان به طور واقعی واحدها را ارزیابی کرد؛ در حالی که ساختار سلسله‌مراتبی ارتباط بین شاخص‌های مختلف را به طور واضح بیان می‌کند.

جدول ۱. نمره‌های کارایی حاصل از روش DEA معمولی

	رشد و یادگیری	فرایند داخلی	مشتری	مالی	میانگین
C1	۰.۵۲۸۵۸۴	۰.۲۸۷۱۲۶	۰.۸۶۳۵۸۱	۱	۰.۶۷۰۱۳۱
C2	۰.۵۸۵۷۵۶	۱	۰.۷۳۶۵	۰.۴۳۴۰۲۹	۰.۶۸۹۰۷۱
C3	۱	۰.۷۷۰۳۱۳	۰.۸۴۴۹۰۹	۰.۸۱۱۲۹۶	۰.۸۵۶۶۳
C4	۰.۵۳۳۱۶۵	۱	۰.۸۱۴۰۶۱	۰.۴۶۱۷۶۷	۰.۷۰۲۲۴۸
C5	۰.۵۲۴۷۱۹	۰.۹۶۴۰۵۵	۱	۰.۷۷۵۰۰۴	۰.۸۱۶۱۷۴
C6	۰.۸۰۸۷۵۶	۰.۸۰۸۵۶۴	۰.۵۹۶۱۲۲	۰.۵۴۶۶۸۳	۰.۶۹۰۰۳۱
C7	۰.۷۹۹۸۵۹	۰.۲۶۹۲۲۹	۰.۵۳۹۳۶۳	۰.۳۳۵۵۷۱	۰.۴۸۶۰۰۶
C8	۰.۶۰۸۳۴۴	۰.۵۶۷۱۶۴	۰.۶۹۰۱	۰.۳۹۶۲۶۳	۰.۵۶۵۴۶۸
C9	۱	۰.۴۳۷۸۱۱	۰.۸۴۲۷۷۹	۱	۰.۸۲۰۱۴۷
C10	۱	۰.۹۰۴۸۷۷	۰.۶۱۳۵۰۶	۰.۹۳۶۲۶۸	۰.۸۶۳۶۶۳
C11	۱	۰.۹۶۴۹۴	۱	۰.۳۸۸۸۲۷	۰.۸۳۸۴۴۲
C12	۰.۸۴۰۵۴۲	۱	۱	۰.۹۴۶۱۳۵	۰.۹۴۶۶۶۹
C13	۱	۰.۵	۰.۲۹۶۸۴۶	۰.۳۹۵۲۴	۰.۵۴۸۰۲۲
C14	۰.۶۳۲۵۹۶	۰.۶۱۷۹۰۹	۱	۰.۵۲۶۱۳۷	۰.۶۹۴۱۶
C15	۱	۰.۵۸۷۱۵۵	۰.۹۷۶۷۸۸	۰.۴۷۲۲۹۵	۰.۷۵۹۰۵۹
C16	۰.۴۰۸۹	۱	۰.۷۴۰۳۴۲	۱	۰.۷۸۷۳۲۳
C17	۰.۶۲۵	۱	۱	۰.۷۰۵۴۶۶	۰.۸۳۲۶۱۷
Average	۰.۷۵۸۷۳۱	۰.۷۴۵۸۳۲	۰.۷۹۷۳۴۷	۰.۶۵۴۷۶۴	
Max	۱	۱	۱	۱	
Min	۰.۴۰۸۹۵	۰.۲۶۹۲۹	۰.۲۹۶۸۴۶	۰.۳۳۵۵۷۱	

جدول ۲. نمره‌های کارایی روش پیشنهادی

	رشد و یادگیری	فرایند داخلی	مشتری	مالی	میانگین
C1	۰.۴۷۳۶۱۳	۰.۲۸۷۱۲۶	۰.۴۸۷۳۲	۰.۷۷۲۰۴۵	۰.۴۳۸۷۷۵
C2	۰.۱۹۷	۰.۳۰۳	۰.۶۸۴۸۵۹	۰.۲۷۱	۰.۴۸۹۲۲۶
C3	۱	۰.۷۶۳۷۸۷	۰.۸۴۴۹۰۹	۰.۷۹۲۵۳۴	۰.۷۱۹۹۲۴
C4	۰.۴۷۱۵۳۹	۱	۰.۷۱۲۱۰۷	۰.۳۸۵۴۱۴	۰.۷۴۴۰۵
C5	۰.۵۲۴۷۱۹	۰.۹۲۰۴۳۹	۱	۰.۶۴۸۵۹۵	۰.۷۰۷۶۴۳
C6	۰.۲۱۹	۰.۲۲۹۱۹۴	۰.۴۹۶	۰.۵۰۷۰۴۲	۰.۳۹۸۱۹۷
C7	۰.۷۱۶۸۱	۰.۲۶۰۶۵۶	۰.۵۰۹۱۵۶	۰.۳۱۱۵۴۳	۰.۴۴۹۵۴۱
C8	۰.۴۸۲۳۴۲	۰.۳۹۵۴۳۳	۰.۵۶۴۹۹۹	۰.۳۴۶۷۹۵	۰.۴۴۷۳۹۲
C9	۰.۴۹۲۹۶۶	۰.۳۰۵۶۶۳	۰.۸۲۳۸۳۹	۱	۰.۶۵۵۶۱۷
C10	۰.۶۹۶۲۵۷	۰.۷۸۵۷۵۴	۰.۶۰۵۵۲۴	۰.۷۱۵۳۱۸	۰.۷۰۰۷۱
C11	۱	۰.۹۵۸۹۲۳	۱	۰.۳۵۹۶۴۸	۰.۸۲۹۶۴۳
C12	۰.۱۱۶	۰.۲۶	۰.۵۶۱	۰.۱۹۷	۰.۲۸۳۵
C13	۱	۰.۲۲۷۶۰۹	۰.۲۸۶۰۶۳	۰.۳۹۵۲۴	۰.۴۷۷۲۲۸
C14	۰.۶۱۱۵۹	۰.۵۶۳۴۱۷	۰.۸۴۹۵۲۸	۰.۳۸۵۹۱۸	۰.۶۰۲۶۱۳
C15	۰.۸۴۰۷۱۷	۰.۵۲۶۱۳۸	۰.۹۷۶۷۸۸	۰.۴۱۳۵۲۲	۰.۶۸۹۲۹۱
C16	۰.۱۶۸	۰.۲۸۲	۰.۰۷۱۹	۰.۳۰۴	۰.۲۰۶۴۷۵
C17	۰.۶۰۲۴۱	۱	۱	۰.۷۰۵۴۶۶	۰.۸۲۶۹۶۹
Average	۰.۵۶۵۴۶۸	۰.۵۳۳۴۷۹	۰.۶۷۴۹۴۱	۰.۵۰۰۶۵۲	
Max	۱	۱	۱	۱	
Min	۰.۱۱۶	۰.۲۲۷۶۰۹	۰.۰۷۱۹	۰.۱۹۷	

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

1. Neely, A. R. (2000). "Performance Measurement system Design: Developing and Testing a process-based Approach." *International Journal of Operations & Production Managemen*t, (45), 1119-20.
2. Amado, C. A., Santos, S. R., and Marques, P. M. (2012). "Integrating the Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard approaches for enhanced performance assessment." *Omega*, (40), 390-403.
3. Mousavi-Avval, S. H., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Tabatabaeefar, A. (2012). "Assessing the technical efficiency of energy use in different barberry production systems." *Journal of Cleaner Production*, (27), 126-132.
4. Olanrewaju, O., Jimoh, A., and Kholopane, P. (2012). "Integrated IDA- ANN- DEA for assessment and optimization of energy consUinption in industrial sectors." *Energy*, (46), 629- 635.
5. Abri, A. G. (2013). "An investigation on the sensitivity and stability radius of returns to scale and efficiency in data envelopn١ent analysis." *Applied Mathematical Modelling*, (37), 1872- 1883.
6. Yang, F., Ang, S., Xia, Q., and Yang, C. (2012). "Ranking DMUs by using interval DEA cross efficiency matrix with acceptability analysis." *European journal of Operational Research*, (223), 483-488.
7. Mohammad Arabzad, S., Bahrami, M., and Ghorbani, M. (2012). "Integrating Kano-DEA Models for Distribution Evaluation Problem." *Procedia Social and Behavioral Sciences*, (41), 506-512.
8. Riccardi, R., Oggioni, G., and Toninelli, R. (2012). "Efficiency analysis of world cement industry in presence of undesirable output: Application of data envelopment analysis and directional distance function." *Energy Policy*, (44), 140-152.
9. Lee, S. K., Mogi, G., and Hui, K. (2013). "A fuzzy analytic hierarchy process (AHP)/data envelopment analysis (DEA) hybrid model for efficiently allocating energy R&D resources: In the case of energy technologies against high oil prices." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (21), 347-355.
10. Tse Kuah, C., Yew Wong, K., and Peng Wongb, W. (2012). "Monte Carlo Data Envelopment Analysis with Genetic Algorithm for Knowledge Management performance measurement." *Expert Systems with Applications*, (39), 9348- 9358.
11. Halkos, G. E. and Tzeremes, N. G. (2011). "A conditional nonparametric analysis for measuring the efficiency of regional public healthcare delivery: An application to Greek prefectures." *Health Policy*, (103), 73-82.
12. Jahangoshai Rezaee, M., Moini, A., and Makui, A. (2012). "Operational and non-operational performance evaluation of thermal power plants in Iran: A game theory approach." *Energy*, (38), 96-103.
13. Xin-zhong, B., Xiao-jun, L., and Ning, W. (2011). "Cost Allocation of Joint-Managed Inventory Based on Cooperative Game and Data Envelopment Analysis." *Industrial Engineering Journal*.
14. Liang, L., Cook, W. D., and Zhu, J. (2008). "DEA models for two-stage processes: Game approach and efficiency decomposition." *Naval Research Logistics*, 55(7), 643- 653.
15. Azar, A., Zarei, M., and Rostami, A. (2012). "Balanced performance evaluation based on BSC measures (case study on Yazd ceramic tile companies)." *Operations research and its applications*, 9, 63-79.
16. Zhou, Z., Sun, L., Yang, W., Liu, W., and Ma, C. (2013). "A bargaining game model for efficiency decomposition in the centralized model of two-stage systems." *Computers & Industrial Engineering*, (64), 103-108.

واژگان لاتین به ترتیب استفاده در متن

1. Balanced Scorecard (BSC)
2. Data Envelopment Analysis (DEA)
3. Index Decomposition Analysis
4. Artificial Neural Network
5. Directional
6. Research & Development
7. Analytic Hierarchy Process (AHP)
8. Monte Carlo Simulation
9. Genetic Algorithm
10. Free Disposal Hull
11. European Foundation for Quality Management (EFQM)

www.SID.ir