

تلفیق تحلیل شبکه‌ی پوششی داده‌ها و کارت ارزیابی متوازن به منظور بهبود ارزیابی عملکرد

عماد روغنیان* (استادیار)

جواد انصاری فر (دانشجوی کارشناسی)

علی قوامی فر (دانشجوی کارشناسی)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مهندسی صنایع و مدیریت شریف (تابستان ۱۳۹۴)
دوری ۱ - ۳۱، شماره ۱، ص. ۱۰-۳

«ارزیابی عملکرد» فرایندی است که به سازمان‌ها فرصت می‌دهد تا مسائل سازمانی خود را شناسایی کنند و در صورت نیاز اقدام مناسب را برای بهبود عملکرد به عمل آورند. در دهه‌های اخیر، ادبیات مدیریتی توجه روزافزونی به مسئله‌ی اندازه‌گیری عملکرد سازمان داشته است. از سویی با ظهور عصر اطلاعات، دیگر ارزیابی عملکرد سازمان‌ها تنها با تحلیل معیارهای گذشته امکان‌پذیر نیست. در پژوهش حاضر مدل پیشنهادی با تلفیق مدل شبکه‌ی پوششی داده‌ها و کارت ارزیابی متوازن این امکان را برای مدیران سازمان‌ها ایجاد می‌کند تا با در نظر گرفتن همه‌ی اقدامات مهم عملیاتی به بهینه‌سازی عملکردهای فرعی سازمان خود بپردازند. همچنین ارزیابی واحدهای سازمانی را از چهار نقطه‌نظر در اختیار مدیران قرار می‌دهد. با تحلیل نتایج حاصل از مدل مذکور و نیز شناسایی واحدهای ناکار، می‌توان اقدامات اصلاحی را به منظور بهبود عملکرد سازمان انجام داد.

واژگان کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل شبکه‌ی پوششی داده‌ها، کارت ارزیابی متوازن، ارزیابی عملکرد.

۱. مقدمه

در عصر حاضر «ارزیابی کارایی بخش‌های مختلف هر سازمان» به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران ارشد سازمان‌ها تبدیل شده است. چگونگی اندازه‌گیری کارایی از یک سو، و تحلیل و میزان با ارزش بودن آن‌ها از سوی دیگر موجب شده تا روش‌های گوناگونی برای حل این مشکل ارائه شود. تحلیل کارایی از طریق یک چارچوب نظری به نام «تحلیل پوششی داده‌ها»^[۱] صورت می‌پذیرد. این رویکرد قادر به اندازه‌گیری کارایی واحدهایی با چندین ورودی و خروجی است ولی از آنجا که این مدل به فعالیت‌های داخلی به‌عنوان یک جعبه سیاه نگاه می‌کند مشکلات فراوانی برای تصمیم‌گیری مدیران ایجاد می‌کند.^[۲]

برای حل این مشکل از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها با مدل کارت ارزیابی متوازن استفاده شده است ولی مدل کارت ارزیابی متوازن نیز با مشکلاتی همچون عدم توانایی در تشخیص واحدهای غیرکارا، چگونگی ایجاد ارتباط بین معیارهای مختلف، و غیره مواجه است. این مشکلات با استفاده از ترکیب مدل شبکه‌ی تحلیل پوششی و کارت ارزیابی متوازن قابل حل است. در مدل تلفیقی پیشنهادی همه اهداف شرکت‌ها ارزیابی، و نقاط ضعف هر واحد نیز تشخیص داده می‌شود. این مدل مدیران را بر آن می‌دارد تا تمام عملیات (اصلی و فرعی) را مد نظر قرار دهند.

۲. کارت امتیازی متوازن

کارت ارزیابی متوازن در اوایل سال ۱۹۹۰ و در دانشکده‌ی بازرگانی هاروارد پیشنهاد شد.^[۳] این رویکرد بیان‌گر استراتژی چگونگی انطباق ظرفیت‌های یک سازمان با فرصت‌های موجود در بازار به منظور تحقق بخشیدن به هدف‌های سازمان است. بنابراین مقصود از اجرای استراتژی، دستیابی به هدف‌های از پیش تعیین شده است.

کارت ارزیابی متوازن یکی از بهترین و شناخته‌شده‌ترین چارچوب‌ها برای اندازه‌گیری واقعی عملکرد سازمان -- از بعد مالی یا غیرمالی -- و مقایسه‌ی آن با هدف‌های از پیش تعیین شده است، که نشان می‌دهد تا چه حد استراتژی‌های انتخابی در تحقق اهداف سازمان موفق بوده است. همچنین اولویت‌بندی استراتژی‌های از پیش تعیین شده برای رسیدن به هدف‌ها را بیان می‌کند. این چارچوب اهداف استراتژیک سازمان را از چهار دیدگاه مورد مطالعه قرار می‌دهد: ۱. مشتری؛ ۲. فرایندهای داخلی کسب و کار؛ ۳. رشد و نوآوری و یادگیری سازمانی؛ ۴. مالی.

چهار دیدگاه بیان شده در پاسخ‌گویی سازمان به چهار سؤال زیر مطرح می‌شود:

-- مشتریان چگونه به سازمان می‌نگرند؟ (دیدگاه مشتری)

-- سازمان در چه زمینه‌هایی باید بهتر شود؟ (دیدگاه فرایندهای داخلی کسب و کار)

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۱/۹/۲۶، اصلاحیه ۱۳۹۲/۷/۱۲، پذیرش ۱۳۹۲/۸/۱۲.

-- آیا سازمان توانایی بهبود و ایجاد ارزش را دارد؟ (دیدگاه رشد و نوآوری و یادگیری سازمانی)

-- سازمان تا چه حد انتظارات سهام‌داران را برآورده می‌کند؟ (دیدگاه مالی)

برای هر یک از چهار دیدگاه مطرح شده، اهداف استراتژیک و سنج‌های مناسب برای ارزیابی تحقق این اهداف، کمیت مورد نظر برای هر یک از سنج‌ها در دوره‌های ارزیابی و برنامه‌ها برای تحقق اهداف به وجود آمده است. از مزایای کلیدی این رویکرد برای یک سازمان می‌توان به ایجاد امکان کنترل جامع سازمان از طریق معیارهای کلیدی، یکپارچگی میان طرح‌های سازمان و تقسیم استراتژی به عوامل قابل اندازه‌گیری در سطح کسب و کار اشاره کرد. نویسندگان متعددی کاستی‌های کارت ارزیابی متوازن را شناسایی کرده‌اند:

-- این رویکرد فاقد قابلیت بیان چگونگی تبادل و رابطه بین معیارهای مختلف تصویب شده است و ابزاری برای اندازه‌گیری عملکرد هدف‌ها در اختیار ندارد.^[۴]

-- هنگام تجزیه و تحلیل براساس کارت ارزیابی موفق به شناسایی ناکارآمدی واحدها در استفاده از منابع نیست.^[۵]

-- با این که مدیران ارشد را وادار به در نظر گرفتن همه اقدامات مهم عملیاتی به‌طور هم‌زمان می‌کند ولی چنین ادعا می‌شود که کارت ارزیابی متوازن مانع از بهینه‌سازی فرعی عملکرد می‌شود.^[۶]

۳. تحلیل پوششی داده‌ها

این رویکرد یک چارچوب نظری را برای تحلیل عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فراهم می‌آورد. مدل مذکور شامل مجموعه‌هایی از تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی است که مرز کار را با استفاده از داده‌های مشاهده شده بنا می‌کند و آنگاه به ارزیابی و اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیرنده می‌پردازد، به طوری که این واحدهای تصمیم‌گیرنده عمومی و انعطاف‌پذیرند.^[۱]

۴. تلفیق دو رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و کارت

ارزیابی متوازن

رویکرد تحلیل پوششی داده‌های سنتی با لایه‌های زیرین فرایندهای سازمانی، از یک مدل واحد برای ارزیابی عملکرد تبدیل چند ورودی به خروجی‌های متعدد استفاده می‌کند.^[۴] با توجه به این که کارت ارزیابی متوازن چارچوبی است برای بیان چگونگی رسیدن به موفقیت هر بخشی از سازمان به‌وسیله‌ی مجموعه‌ی از روابط صریح و اثرات مؤثر،^[۸] می‌توان از تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مدل ترکیبی این دو رویکرد، اطلاعاتی غنی درمورد فرایندهای داخلی به دست آورد که در آن سازمان باید برای بهبود عملکرد کلی و هر یک از فرایندهای زیرین تمرکز داشته باشد. به‌عنوان مثال، برخی از نویسندگان از تحلیل پوششی داده‌ها و کارت ارزیابی متوازن به‌طور جداگانه برای ارزیابی واحدهای سازمانی استفاده کرده‌اند^[۹] در حالی که برخی دیگر از تلفیق این دو روش برای بهبود ارزیابی و درک بهتر نتایج بهره برده‌اند.^[۱۰]

به‌منظور برجسته کردن قابلیت‌های متمایز موجود در این مقاله، جزئیات بیشتری درمورد برخی از مطالعات در حوزه‌ی ترکیب دو رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و کارت ارزیابی متوازن بررسی می‌شود. برای ارزیابی عملکرد قسمت‌های مختلف

موجود در یک سازمان، از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و روش کارت ارزیابی متوازن استفاده شده است.^[۱۲] در این تحقیق از دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها با چهار معیار عملکرد استفاده شده است.

برای ارزیابی صنعت نیمه‌هادی در تایوان نیز از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و روش کارت ارزیابی متوازن استفاده شد.^[۱۳] بدین منظور در مرحله‌ی اول شاخص‌های مربوط به هر یک از چهار دیدگاه کارت ارزیابی متوازن مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی دوم با در نظر گرفتن یک مدل تحلیل پوششی داده برای هر چهار دیدگاه مرحله‌ی اول، به ارزیابی آن‌ها پرداخته شد و در پایان نتایج حاصل از مدل‌های مختلف با هم مقایسه شد. برای نشان دادن چگونگی تأثیر مجموعه‌ی شاخص‌ها بر نتایج عملکرد از این دو رویکرد استفاده شد،^[۱۴] و بدین‌منظور از مقایسه‌ی نتایج چهار مدل تحلیل پوششی داده‌ها -- مدل اول شامل مدل ورودی و خروجی، مدل دوم شامل شاخص‌های کارت ارزیابی عملکرد، مدل سوم شامل شاخص کارت ارزیابی عملکرد با مدیریت ریسک، و مدل چهارم شامل شاخص‌های مالی سنتی -- بهره‌گیری شد.

محققین برای ارزیابی دو صنعت جدا از هم و چک کردن روابط متقابل بین آن‌ها از ترکیب این دو تفکر استفاده کردند.^[۱۵] آنان در مرحله‌ی اول برای آزمون فرض‌ها بین چهار دیدگاه کارت ارزیابی متوازن به تجزیه و تحلیل آماری پرداختند و در مرحله‌ی دوم، مدل تحلیل پوششی داده با چهار متغیر ورودی و چهار متغیر خروجی را به کار گرفتند. هر یک از متغیرهای خروجی با استفاده از متوسط شاخص کارت ارزیابی متوازن برای هر یک از چهار دیدگاه محاسبه شد.

محققین دیگری نیز برای ارزیابی مراحل تحقیق و توسعه و چرخه‌ی آن‌ها، از ترکیب این دو عامل بهره برده‌اند. آنان ابتدا ورودی و خروجی هر کارت ارزیابی متوازن را گروه‌بندی کردند و سپس از کارت ارزیابی متوازن در مدل تحلیل پوششی داده از طریق یک ساختار سلسله‌مراتبی از محدودیت‌های تعبیه‌شده، برای به دست آوردن یک ارزیابی متوازن استفاده کردند.^[۱۶] در مطالعه‌ی دیگر^[۱۷] برای ارزیابی مدیریت کلی عملکرد میان چهار عامل کارت ارزیابی متوازن و ترکیب آن با تحلیل پوششی داده‌ها، در مرحله‌ی اول سازمان براساس چهار دیدگاه کارت ارزیابی متوازن بررسی شد و سپس این عوامل در مرحله‌ی بعد به‌صورت ورودی و خروجی مورد مطالعه قرار گرفتند.

به‌منظور مطالعه‌ی روابط بین دیدگاه‌های کارت ارزیابی متوازن برای فعالیت‌های تحقیق و توسعه،^[۱۸] در مرحله‌ی اول پنج مدل تحلیل پوششی داده‌های مختلف برای نشان دادن روابط علت و معلول حاکم بر کارت ارزیابی متوازن توسعه داده شد، و در مرحله‌ی دوم ارتباط بین نتایج حاصل از هر یک از مدل تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه شد و برای به دست آوردن تفسیری از روابط به تجزیه و تحلیل عوامل پرداختند.

برای ارزیابی عملکرد شعبات بانک از شاخص‌های مبتنی بر دیدگاه‌های ارزیابی متوازن مورد استفاده در بانک استفاده شد^[۱۹] و نیز از مدل تحلیل پوششی داده با شاخص‌های مختلف بهره‌گیری شد.

شاخص دیدگاه استراتژی، عملیات فرایندهای درونی و سازمانی و مشتریان و رفتار آن‌ها به‌عنوان ورودی و شاخص‌های مربوط به چشم‌انداز اقتصادی جامعه به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد.^[۲۰] برای اندازه‌گیری منظم عملکرد و شناسایی علل نتایج عملکرد در مرحله‌ی اول از مدل تحلیل پوششی داده، و برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری اضافه‌کاری در مرحله‌ی دوم از اهرم عملکرد

این محاسبات کلی باعث می‌شوند که مشخص کردن تأثیرات فرایندها و زیرفرایندها در سازمان با شکست مواجه شود.

از سویی ارزیابی عملکرد کلی ممکن است باعث پنهان ماندن اطلاعات با ارزش در مورد نقاط ضعف و قوت نسبی سازمان در ارتباط با دیدگاه ذی‌نفعان مختلف شود. از سوی دیگر، اندازه‌گیری کلی عملکرد قادر نیست همه‌ی فعالیت‌هایی که در فرایندهای مختلف و فرایندهای فرعی درون سازمان صورت می‌گیرد اندازه‌گیری کند و ممکن است مانع دست‌یابی به اطلاعات ارزشمند مدیریتی شود.^[۲۷،۲۶] علاوه بر این، به‌منظور به دست آوردن اطلاعات مفید برای بهبود عملکرد، تحلیل‌گر باید به دور از این جعبه سیاه، و با در نظر گرفتن پویایی روند فرایندهای فرعی درون سازمانی عمل کند. در این رابطه، از مدل‌های شبکه‌یی تحلیل پوششی داده‌های ارائه شده استفاده می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در بازکردن جعبه سیاه ایفا کند.^[۲] یکی از مشکلات مدل تحلیل شبکه‌یی پوششی داده‌های دومرحله‌یی این است که کاهش ورودی در مرحله‌ی دوم به‌منظور دست‌یابی به وضعیت کارا باعث کاهش خروجی‌های مرحله‌ی اول و در نتیجه کاهش بهره‌وری در این مرحله می‌شود. برای حل مشکل ارزیابی بهره‌وری می‌توان از دو دیدگاه نظریه‌ی بازی استفاده کرد. در دیدگاه اول نگاه به فرایند دو مرحله‌یی غیرمشارکتی است. در این مدل یک مرحله به‌عنوان پیشرو در نظر گرفته شده و با این فرض به حل ارزیابی عملکرد این مرحله پرداخته و در قدم بعدی با ثابت در نظر گرفتن نمره‌ی ارزیابی عملکرد مرحله‌ی اول، عملکرد مرحله‌ی دیگر که پیرو است، محاسبه می‌شود.^[۲۸] در مدل پیشنهادی حاضر از این دیدگاه استفاده شده است.

در دیدگاه دیگر با استفاده از یک مدل متمرکز از مفهوم مشارکتی در نظریه‌ی بازی‌های و یا مدل متمرکز دومرحله‌یی می‌توان بازه کلی را محاسبه کرده و به تجزیه و تحلیل آن پرداخت. به این صورت که تابع هدف از ضرب کارایی مرحله‌های متوالی در یکدیگر به دست می‌آید. محدودیت‌های این مدل این‌گونه است که کارایی هر یک از مرحله‌ها باید کم‌تر از ۱ باشد و بعد از حل مدل و به دست آوردن وزن‌های این ورودی‌ها و خروجی‌ها، کارایی تک‌تک این مرحله‌ها از تقسیم خروجی‌ها به ورودی‌ها به دست می‌آید. لذا تجزیه و تحلیل جامع نتایج حاصل از این مدل ترکیبی، اطلاعاتی غنی در مورد فرایندهای داخلی ارائه می‌کند که براساس آن سازمان باید برای بهبود عملکرد آن واحد بر آن اطلاعات تمرکز کند.^[۲۸]

چنان که گفته شد، یکی از نقاط ضعف کارت ارزیابی متوازن عدم تشخیص چگونگی رابطه بین معیارهای مختلف تصویب شده است^[۱] و ابزاری برای اندازه‌گیری عملکرد هدف‌ها وجود ندارد. در مدل ارائه شده از ترکیب این رویکرد با رویکرد تحلیل شبکه‌یی پوششی داده‌ها، تلاش شده است همه‌ی اهداف و عملکرد آن‌ها ارزیابی شود، و با حل این مشکل که کارت ارزیابی متوازن به‌تنهایی قادر به شناسایی ناکارآمدی واحدها در استفاده از منابع نیست، واحدهای ناکارا مشخص شوند. مدل ارائه شده علاوه بر این که مدیران ارشد را وادار به در نظر گرفتن همه‌ی اقدامات مهم عملیاتی به‌طور هم‌زمان می‌کند باعث بهینه‌سازی عملکردهای فرعی نیز می‌شود.

در این مدل براساس راهبردهای مدیران که کدام‌یک از دیدگاه‌های کارت ارزیابی متوازن به‌عنوان فاکتور پیشرو و کدامیک از دیدگاه‌ها به‌عنوان فاکتور پیروی‌کننده در نظر گرفته می‌شود، و با توجه به داده‌های مربوط به ورودی هر دیدگاه که خروجی دیدگاه دیگر است و بالعکس، و نیز با مد نظر قرار دادن این که به‌وسیله‌ی مدل شبکه‌یی تحلیل پوششی داده‌ها عملکرد فاکتورها

با چهار دیدگاه ارزیابی متوازن برای درک نتایج تحلیل پوششی داده استفاده شد.

۵. تحلیل شبکه‌یی پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها نه‌تنها بهره‌وری از واحدهای تصمیم‌گیری ناکارآمد را فراهم می‌کند، بلکه برای پیش‌بینی واحدهای کارآمد نیز مناسب است. ولی این مدل با واحدهای تصمیم‌گیری به‌صورت یک «جعبه سیاه» رفتار می‌کند. در نتیجه ارائه‌ی اطلاعات خاص درخصوص منابع و ناکارآمدی درون واحدهای تصمیم‌گیری برای مدیران این واحدها دشوار است. در سال‌های اخیر، تعدادی از مطالعات تحلیل پوششی داده‌ها بر فرایندهای دومرحله‌یی متمرکز بوده است. این مدل برای آن دسته از واحدهای تصمیم‌گیری کاربرد دارد که شامل شبکه‌یی از واحدهای تصمیم‌گیری زیرین، که ورودی برخی از آن‌ها خروجی واحدهای تصمیم‌گیری داخلی دیگری و بالعکس هستند. به‌عنوان مثال، محققین نوعی مدل تحلیل پوششی داده‌ها را برای ارزیابی بانک‌های تجاری در ایالات متحده توسعه دادند که طی فرایند دومرحله‌ی سوددهی و ارزش بازار مشخص می‌شود.^[۲۰] بدین‌منظور در مرحله‌ی اول سودآوری با در نظر گرفتن نیروی کار و دارایی -- به‌عنوان ورودی -- و سود و درآمد -- به‌عنوان خروجی مرحله‌ی اول و ورودی مرحله‌ی دوم -- و نیز برای خروجی مرحله‌ی دوم سهم و ارزش بازار در نظر گرفته و اندازه‌گیری شد. یکی از مشکلات این روش این است که در مرحله‌ی دوم ممکن است کاهش ورودی به‌منظور دست‌یابی به وضعیت کارآمد باعث کاهش خروجی‌های مرحله‌ی اول شود و در نتیجه کاهش بهره‌وری این مرحله را در پی داشته باشد. مطالعات متعددی برای مقابله با این تعارض انجام شده است.^[۲۱،۲۲] روش‌های مختلفی نیز توسعه داده شده^[۲۴] که در آن‌ها کارایی کل فرایند دومرحله‌یی را می‌توان به دو زیرفرایند تجزیه کرد: بهره‌وری کلی و بهره‌وری در هر مرحله. بنابراین می‌توان مدل شبکه‌ی تحلیل پوششی داده‌های ارائه شده را در زمینه‌های مدیریتی مختلف به کار گرفت.

تحقیقات نشان می‌دهد که مزایای استفاده از مدل تحلیل شبکه‌یی پوششی داده‌ها بیش از مدل تحلیل پوششی داده‌های استاندارد است. به‌طور خاص، این مدل ناکارآمدی مدل استاندارد در تحلیل واحدهای تصمیم‌گیری را برطرف کرده است. شاید بزرگ‌ترین اهمیت مدل شبکه‌ی تحلیل پوششی داده‌ها این است که اجازه می‌دهد تا مدیران هر واحد تصمیم‌گیری به استراتژی‌های افزایش بهره‌وری در حوزه‌ی خصوصی خود در فرایند تولید تمرکز کنند.

۶. مدل پیشنهادی

از آنجا که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به فرایندهای داخلی به‌عنوان یک جعبه سیاه نگاه می‌کند و فقط از مدلی استفاده می‌کند که بدون در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌ها در هر یک از فرایندهای داخلی، تعدادی از ورودی‌ها به خروجی‌ها تبدیل می‌شوند، ارائه‌ی اطلاعات خاص درخصوص منابع و ناکارآمدی در داخل واحدهای تصمیم‌گیری برای مدیران واحدهای تصمیم‌گیرنده دشوار است. با این حال، به باور محققین^[۲۵] مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها متماثل به خلاصه‌کردن محاسبات کلی برای به دست آوردن کارایی هستند ولی این امر باعث می‌شود بعضی از اطلاعات مهم از دست برود و از دید تصمیم‌گیران سازمان پنهان بماند. علاوه بر

در واحدهای تصمیم‌گیری تجزیه و تحلیل و محاسبه خواهد شد، دیگر نیاز به انتخاب و جایگزینی متعدد معیارها و هدف‌های متفاوت به‌منظور شناسایی اهداف مناسب برای هر یک از شاخص‌های عملکرد نیست و این یکی از قابلیت‌های بسیار بالای این مدل و وجه تمایز آن از دیگر مدل‌های ارائه شده است.

در مدل ریاضی ارائه شده از چهار مسئله‌ی بهینه‌سازی برای به دست آوردن کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری براساس معیارهای کارت ارزیابی متوازن استفاده شده است. مدل‌های بیان‌شده خروجی‌محورند. در مدل ۱ خروجی‌ها ثابت نگه داشته می‌شود و ورودی‌های متغیرند. لذا باید ورودی‌های کمیته شوند تا کارایی کل افزایش یابد.

محدودیت‌های بیان‌شده در این مدل $\sum_{r=1}^R u_r y_{rj} - \sum_{h=1}^H K_h B_{hj} \leq 0$ بوده که همان $1 \leq \frac{\sum_{r=1}^R u_r y_{rj}}{\sum_{h=1}^H K_h B_{hj}}$ است که به‌صورت خطی درآمده است. محدودیت بعدی بیان شده در این مدل نشان می‌دهد که خروجی‌ها ثابت‌اند. در مدل دوم هدف کمیته‌کردن ورودی‌های بخش مشتری است که در بیان این مدل از روش لیانگ^[۲۸] استفاده شده است. محدودیت‌های بیان‌شده نیز مانند مدل ۱ هستند. محدودیت $\frac{1}{e^*} = \sum_{h=1}^H K_h B_{h0}$ بیان می‌کند که خروجی‌های این مدل نیز ثابت است. مدل‌های ۳ و ۴ نیز تحلیلی مشابه دو مدل ذکرشده دارند؛ در مدل ۴ هدف کمیته‌سازی ورودی‌های بخش یادگیری است. محدودیت‌های این مدل نیز بیان می‌کند که کارایی همه‌ی واحدها از ۱ کم‌تر است و خروجی تمام مراحل ثابت‌اند. با حل این مدل میزان کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری به دست می‌آید. پارامترهای ورودی مدل پیشنهادی در شکل ۱ برای راحتی بیشتر نشان داده شده است.

e^1 : کارایی دیدگاه یادگیری و رشد؛

e^2 : کارایی دیدگاه فرایندهای درونی؛

e^3 : کارایی دیدگاه مشتری؛

e^4 : کارایی دیدگاه مالی؛

i : تعداد ورودی‌های دیدگاه یادگیری و رشد؛

d : تعداد ورودی‌های دیدگاه فرایندهای درونی و خروجی‌های دیدگاه یادگیری و رشد؛

a : تعداد ورودی‌های دیدگاه مشتری و خروجی‌های دیدگاه فرایندهای درونی؛

h : تعداد ورودی‌های دیدگاه مالی و خروجی‌های دیدگاه مشتری؛

r : تعداد خروجی‌های دیدگاه مالی؛

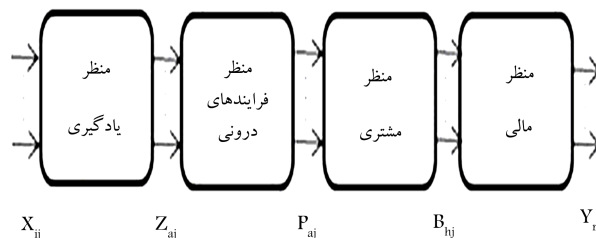
j : تعداد واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs)؛

X_{ij} : مقدار ورودی‌های نام برای دیدگاه یادگیری و رشد؛

Z_{dj} : مقدار ورودی‌های نام برای دیدگاه فرایندهای درونی و مقدار خروجی‌های نام برای دیدگاه مشتری و رشد؛

P_{aj} : مقدار ورودی‌های نام برای دیدگاه یادگیری و رشد؛

B_{ij} : مقدار ورودی‌های نام برای دیدگاه مشتری و مقدار خروجی‌های نام برای دیدگاه مالی؛



شکل ۱. چارچوب کارت ارزیابی متوازن.

a نام برای دیدگاه فرایندهای درونی؛
 B_{hj} : مقدار ورودی‌های نام برای دیدگاه مالی و مقدار خروجی‌های نام برای دیدگاه مشتری؛

Y_{rj} : مقدار خروجی‌های نام برای دیدگاه مالی؛

v_i : وزن ورودی‌های نام برای دیدگاه یادگیری و رشد؛

w_d : وزن ورودی‌های نام برای دیدگاه فرایندهای درونی و وزن خروجی‌های نام برای دیدگاه یادگیری و رشد؛

C_a : وزن ورودی‌های نام برای دیدگاه مشتری و وزن خروجی‌های نام برای دیدگاه یادگیری و رشد؛

k_h : وزن ورودی‌های نام برای دیدگاه مالی و وزن خروجی‌های نام برای دیدگاه مشتری؛

u_r : وزن خروجی‌های نام برای دیدگاه مالی.

$$\frac{1}{e^{1*}} = \min \sum_{h=1}^H k_h B_{h0}$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{rj} - \sum_{h=1}^H k_h B_{hj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{r0} = 1$$

$$\frac{1}{e^{1*} \times e^{2*}} = \min \sum_{a=1}^A C_a P_{a0}$$

$$\sum_{h=1}^H k_h B_{hj} - \sum_{a=1}^A C_a P_{aj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{rj} - \sum_{h=1}^H k_h B_{hj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{r0} = 1$$

$$\sum_{h=1}^H k_h B_{h0} = \frac{1}{e^{2*}}$$

$$\frac{1}{e^{1*} \times e^{2*} \times e^{3*}} = \min \sum_{d=1}^D w_d z_{d0}$$

$$\sum_{a=1}^A C_a P_{aj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0$$

$$\sum_{h=1}^H k_h B_{hj} - \sum_{a=1}^A C_a P_{aj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{rj} - \sum_{h=1}^H k_h B_{hj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{r0} = 1$$

$$\sum_{h=1}^H k_h B_{h0} = \frac{1}{e^{3*}}$$

$$\sum_{a=1}^A C_a P_{a0} = \frac{1}{e^{1*} \times e^{3*}}$$

(۳)

منفی دارند سعی بر آن است که به مقدار کمتری از اهداف کمی شرکت دست یافته شود.

در مدل ارائه شده در این تحقیق اساس حرکت شرکت‌ها به سمت پیشرفت و داشتن کارایی بالای عنصر مالی در نظر گرفته شده است. البته هر شرکت بر پایه اهداف از پیش تعیین شده می‌تواند هر یک از دیدگاه‌های کارت ارزیابی متوازن -- یعنی دیدگاه‌های آموزش، مشتری، فعالیت داخلی یا مالی -- را مد نظر قرار دهد، اما از آنجا که در اکثر شرکت‌ها دیدگاه مالی نقش استراتژیک و تعیین‌کننده‌ی دارد در این تحقیق نیز دیدگاه مالی پشتیبان فعالیت‌های دیگر قرار گرفته است.

پس از حل مدل براساس اطلاعات موجود در جدول ۲، کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری طبق نقطه‌نظرات کارت امتیازی متوازن به دست می‌آید (جدول ۳). چنان که مشاهده می‌شود کارایی هیچ واحدی از تمامی نقطه‌نظرات ۱۰۰٪ نیست ولی جدول نشان می‌دهد که کارایی بعضی واحدها طبق بعضی نقطه‌نظرات ۱۰۰٪ است. این حالت بیان‌گر آن است که واحدهای دیگر با مرجع قرار دادن این واحدها می‌توانند کارایی خود را افزایش دهند. حال باید برای هر یک از نقطه‌نظرات کارت امتیازی متوازن مجموعه مرجعی از واحدها را تعریف کرد که براساس آن، واحدهایی که کارایی مطلوبی ندارند می‌توانند با مد نظر قرار دادن این واحدها و بررسی رفتار این واحدها، در هر بخش شرکت به برنامه‌ی برای پیشرفت واحد یا شرکت خود دست یابند. برای مثال از نقطه‌نظر مشتری، کارایی واحدهای {۱} و {۱۱} بیشینه است، لذا واحد دیگر می‌تواند این واحدها را برای افزایش کارایی در دیدگاه مشتری مد نظر و مرجع قرار دهند. قابل ذکر است که در این تحلیل دیدگاه مالی پشتیبان است، و اگر معیارهای دیگر به‌عنوان پشتیبان قرار گیرند نتایج جدول تغییر می‌کند.

۸. نتیجه‌گیری

مدیریت و ارزیابی عملکرد موجب افزایش کارایی و اثربخشی برنامه‌ها و فرایندهای سازمانی می‌شود، زیرا نشان‌گر چگونگی عملکرد سازمان و درستی تصمیمات گرفته شده از طرف مدیران است. بنابراین ضروری است تا تمامی نهادها خود را به‌طور مستمر ارزیابی کنند و همواره خود را در مسیر اهداف سازمانی قرار دهند. با توجه به مدل‌های متفاوت ارزیابی عملکرد، به نظر می‌رسد که مدل کارت امتیازی متوازن با توجه به نگاه جامع خود به عملکرد سازمان و تبدیل مأموریت‌ها و راهبردها به اهداف عملیاتی و کوتاه‌مدت، یکی از اثربخش‌ترین مدل‌های ارزیابی عملکرد است که تاکنون ارائه شده و با توجه به قابلیت‌های خویش در بسیاری از سازمان‌ها مورد استفاده قرار گرفته و دستاوردهای چشمگیری را عاید سازمان‌ها کرده است. با این حال این مدل نمی‌تواند عملکرد اهداف سازمان‌ها را اندازه‌گیری کند و همچنین مانع از بهینه‌سازی عملکرد بخش‌های مختلف می‌شود.

مدل‌های تحلیل شبکه‌ی پوشش داده‌ها از جدیدترین مدل‌های ارائه شده در ارزیابی عملکرد است که یک واحد تصمیم‌گیرنده را با تمامی زیرواحدها و ارتباطات موجود در آن به‌صورت ساختار شبکه‌ی در نظر می‌گیرد. در این روش به‌منظور محاسبه‌ی کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده، مسئله به محاسبه‌ی کارایی تک‌تک زیرواحدهای آن واحد شکسته شده و با حرکت روی مسیرهای کارا و سپس محاسبه‌ی خروجی‌های نهایی و ورودی‌های اولیه، کارایی هر سازمان در مقابل سازمان‌های مشابه اندازه‌گیری می‌شود. با این روش برخی از فعالیت‌های داخلی سازمان‌ها به‌صورت

$$\frac{1}{e^{r^*} \times e^{r^*} \times e^{r^*} \times e^{1^*}} = \min \sum_{i=1}^m v_i x_i, \quad (4)$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{a=1}^A C_a P_{aj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0$$

$$\sum_{h=1}^H k_h B_{hj} - \sum_{a=1}^A C_a P_{aj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{rj} - \sum_{h=1}^H k_h B_{hj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^R u_r y_{r0} = 1$$

$$\sum_{h=1}^H k_h B_{h0} = \frac{1}{e^{r^*}}$$

$$\sum_{a=1}^A C_a P_{a0} = \frac{1}{e^{r^*} \times e^{r^*}}$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{d0} = \frac{1}{e^{r^*} \times e^{r^*} \times e^{r^*}}$$

۷. بررسی موردی

شرکت صنایع روشنایی جهان نور فعالیت خود را از سال ۱۳۴۵ (با نام الکترولایت) آغاز کرده است و پس از گذشت ۴۲ سال فعالیت حرفه‌ی، از جمله شرکت‌های مطرح صنعت روشنایی ایران است که حضوری فعال و مقتدر در بازارهای داخلی، منطقه‌ی و بین‌المللی دارد.

مشتری‌مداری و خدمت صادقانه، سرعت پاسخ‌گویی به نیاز بازار، کیفیت بالای محصول، بهبود مستمر بازده نوری محصولات و ایجاد صرفه‌های اقتصادی در مصرف انرژی برق به‌عنوان خط‌مشی اصلی کارخانجات جهان نور مورد توجه خاص قرار گرفته است. بهبود مستمر بازده نوری و توسعه‌ی سید محصولات، گسترش صادرات، ارائه‌ی خدمات روشنایی به بازارهای داخلی و بین‌المللی، ارتقای کیفیت محصولات همگام با تکنولوژی مدرن تولید چراغ، قیمت‌های رقابتی، افزایش سرعت پاسخ‌گویی و ایجاد تسهیلات خدمت‌رسانی هفت طیف استراتژیک صنایع روشنایی جهان نور در ۱۵ سال آینده است. برخی فاکتورهای بیان شده ماهیتی منفی دارند که خود نشان‌گر خروجی‌های نامطلوب است که باید کمینه شود. از آنجا که هدف توابع، بیشینه‌سازی است این فاکتورها تبدیل به فاکتورهایی با ماهیت مثبت شد. در این ارتباط بنا به پیشنهاد دیسون^[۲۹] این خروجی‌ها با استفاده از فرمول ۵ به فاکتوری با ماهیت مثبت تبدیل می‌شود که در این عبارت Y_{rj} وزن بیان‌شده برای خروجی r ام، و Y_{r0} وزن بیان شده برای خروجی واحد صفر است.

$$\tilde{Y}_{r0} = (\text{Max } Y_{rj}) - Y_{r0} + c \quad (5)$$

در جدول ۱ اهداف هر یک از معیارهای کارت امتیازی متوازن در این شرکت به‌صورت کلی بیان شده است. برای فاکتورهایی که ماهیت مثبت دارند رسیدن به مقدار بیش‌تر از اهداف کمی شرکت قابل قبول است و برای فاکتورهایی که ماهیت

جدول ۱. اهداف کلی در راستای بهبود کارایی شرکت از نقطه نظر معیارهای کارت امتیازی متوازن.

اهداف	معیارها
مشتری	
بهبود پاسخ‌گویی به مشتری	میانگین مدت زمان پاسخ‌گویی به استعلام قیمت (ساعت) میانگین مدت زمان تولید سفارشات (روز)
ارتقای کیفیت محصولات	تعداد شکایات مشتریان از کارکرد محصول (مورد/۱۰ سفارش)
ایجاد خدمات پس از فروش	تعداد پرسنل مسؤل خدمات پس از فروش (نفر/۲۰۰ مشتری) تعداد خطوط تلفن مستقیم جهت ارائه خدمات پس از فروش (خط/۱۰۰ مشتری)
مالی	
کاهش بهای تمام شده‌ی محصول	هزینه‌های مصرف انرژی (میلیون ریال/ماه) هزینه خرید مواد اولیه (میلیون ریال/ماه) بهره‌وری نیروی انسانی (تولید/نفر در ماه)
افزایش نقدینگی	گردش حساب‌های جاری بانکی (میلیون ریال/ماه)
افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه	هزینه‌های نمونه‌سازی (میلیون ریال/ماه) هزینه‌های قالب‌سازی (میلیون ریال/ماه)
دیدگاه یادگیری و رشد	
رشد و یادگیری از طریق تعامل پویا با محیط	تعداد پروژه‌های تحقیقات بازاریابی انجام شده در سازمان (مورد/سال) بودجه تحقیقات بازاریابی (میلیون ریال/سال)
اشاعه‌ی محوریت دانش در سازمان	تعداد ساعات آموزش داخلی (ساعت/نفر در ماه) تعداد ساعات آموزش برون سازمانی (ساعت/نفر در سال)
رشد نوآوری و خلاقیت در سازمان	تعداد پیشنهادات ارائه شده توسط پرسنل (مورد/نفر در ماه)
دیدگاه فرایندهای درونی	
تسهیل ارتباطات میان واحدها	میانگین مدت زمان دریافت پاسخ فرم‌ها و مکاتبات توسط واحدها (دقیقه/مورد)
افزایش سطح بهره‌وری واحدها	شاخص بهره و آهنگ کاری (خروجی/ورودی)
کاهش بوروکراسی سازمان	تعداد فرم‌های عمومی و عملیاتی (فرم/فرایند) تعداد تأییدهای اخذ شده روی فرم‌ها (تأیید/فرم)

که در حال حاضر از اهمیت فراوانی برخوردار است وجود اثر دینامیکی در شبکه است که مدیران ارشد را وادار به در نظر گرفتن همه‌ی اقدامات مهم عملیاتی به‌طور هم‌زمان می‌کند. با توجه به این که به‌وسیله‌ی مدل شبکه‌ی تحلیل پوششی، عملکرد فاکتورها در آن واحد تصمیم‌گیری تجزیه و تحلیل و محاسبه شده است، دیگر نیاز به انتخاب و جایگزینی متعدد معیارها و هدف‌های متفاوت به‌منظور شناسایی اهداف مناسب برای هریک از شاخص‌های عملکرد نیست و این یکی از قابلیت‌های بسیار مهم این مدل است.

جعبه سیاه در نظر گرفته شده و سازمان‌ها محاسبات خود را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی محدود کرده و از فرایندهای داخلی صرف نظر می‌کنند. لذا در این مقاله سعی شد روشی ارائه شود که این نقاط ضعف را برطرف کرده و دامنه‌ی کاربرد روش توسعه یابد. نتایج حاصل از تلفیق مدل کارت امتیازی متوازن و تحلیل شبکه‌ی پوششی پوشش داده‌ها می‌تواند با پوشش‌دهی نقاط ضعف هریک از این مدل‌ها در محاسبه‌ی کارایی فعالیت‌های سازمان با حجم زیاد و پیچیده، بسیار پرکاربرد باشد. یکی از مسائلی

جدول ۲. مقدار ورودی‌ها و خروجی‌های هر مرحله برای هر واحد تصمیم‌گیری.

واحد‌های تصمیم‌گیری	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
هزینه‌های آموزش کارگر به‌ازای هر قطعه (میلیون در ماه) $\{X_1\}$	۱۱۷	۱۳۸	۱۱۷	۱۳۵	۱۶۶	۱۲۶	۱۹۴	۱۶۰	۱۵۶	۱۳۰	۱۷۰	۱۲۵
هزینه‌ی امکانات آموزش به‌ازای هر قطعه (میلیون در ماه) $\{X_2\}$	۱۳۸	۱۳۵	۱۴۶	۱۴۵	۱۶۲	۱۳۶	۱۴۴	۱۵۳	۱۵۱	۱۲۹	۱۲۵	۱۶۰
تعداد ساعت آموزش داخلی (ساعت بر نفر در سال) $\{Z_1\}$	۲۳	۱۰	۲۶	۲۵	۲۳	۹	۱۰	۱۷	۱۱	۱۱	۱۳	۹
تعداد پروژه‌ی تحقیقات بازاریابی سازمان (مورد در سال) $\{Z_2\}$	۸	۱۸	۵	۱۵	۱۷	۹	۶	۱۱	۵	۵	۶	۱۱
تعداد پیشنهاد‌های ارائه شده‌ی پرسنل (مورد نفر در ماه) $\{Z_3\}$	۹	۱۲	۲۳	۲۴	۷	۱۷	۲۲	۲۰	۱۰	۱۶	۱۴	۱۵
میانگین مدت زمان دریافت پاسخ فرم‌ها (دقیقه/مورد) $\{P_1\}$	۴۸	۵۰	۴۷	۱۷	۳۹	۴۱	۴۳	۶۲	۲۶	۵۵	۱۸	۵۳
تعداد شکایات از کارکرد محصول (مورد/۱۰ سفارش) $\{P_2\}$	۲	۱	۲	۱	۱	۴	۱	۱	۳	۱	۵	۱
تعداد پرسنل خدمات پس از فروش (نفر/۲۰۰ مشتری) $\{B_1\}$	۱۳	۹	۶	۴	۱۰	۵	۶	۵	۴	۱۰	۷	۸
میانگین مدت زمان تولید سفارشات $\{B_2\}$	۱۱	۷	۱۰	۵	۷	۸	۱۱	۹	۶	۵	۸	۴
هزینه‌ی مصرف انرژی و خرید (میلیون ریال/ماه) $\{Y_1\}$	۱۸	۱۴	۱۷	۱۴	۱۳	۱۹	۱۴	۱۳	۱۴	۱۴	۱۳	۱۷
هزینه‌ی نیروی انسانی (میلیون/ماه) $\{Y_2\}$	۳۶۰	۱۴۰	۳۳۵	۵۰۰	۳۱۴	۵۱۲	۵۱۹	۳۵۵	۵۱۹	۴۵۰	۱۵۰	۱۴۲
افزایش نقدینگی (میلیون/ماه) $\{Y_3\}$	۳۲۳۰	۳۳۲۲	۴۵۵۴	۳۹۷۹	۳۷۱۹	۳۹۳۹	۴۶۸۵	۴۳۵۳	۶۴۹۱	۴۱۸۱	۲۳۴۱	۳۲۱۵

جدول ۳. کارایی محاسبه شده برای هر واحد تصمیم‌گیری با استفاده از مدل ارائه شده از نقطه نظرات کارت امتیازی متوازن.

واحد‌های تصمیم‌گیری	کارایی دیدگاه یادگیری و رشد	کارایی دیدگاه فرایندهای درونی	کارایی دیدگاه مشتری	کارایی دیدگاه مالی
۱	۰٫۵۶۹	۱	۱	۰٫۳۸۱
۲	۰٫۶۰۴	۱	۰٫۴۸۷	۰٫۸۷۶
۳	۰٫۳۲۷	۰٫۸۷۸	۰٫۴۹۶	۰٫۸۹۶
۴	۱	۰٫۱۸۱	۰٫۶۶۱	۱
۵	۰٫۴۷۸	۱	۰٫۴۸۶	۰٫۷۶۱
۶	۰٫۴۱۱	۰٫۶۹۱	۰٫۵۴۵	۰٫۵۹۵
۷	۰٫۴۰۲	۰٫۹۷۷	۰٫۴۴۱	۰٫۶۶۶
۸	۰٫۷۱۹	۰٫۷۰۲	۰٫۳۹۵	۱
۹	۰٫۴۰۰	۱	۰٫۵۳۵	۱
۱۰	۱	۱	۰٫۳۵۲	۱
۱۱	۰٫۶۲۷	۰٫۵۴۵	۱	۱
۱۲	۰٫۳۸۹	۱	۰٫۵۳۰	۱

منابع (References)

1. Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, **2**, pp. 429-444 (1978).
2. Fare, R. and Grosskopf, S. "Network DEA", *Socio-Economic Planning Sciences*, **34**, pp. 35-49 (2000).
3. Kaplan, R.S. and Norton, D.P. "The balanced scorecard measures that drive performance", *Harvard Business Review*, pp. 71-9 (1992).
4. Otley, D. "Performance management: A framework for management control systems research", *Management Accounting Research*, **10**, pp. 363-82 (1999).
5. Werner, T. and Brokemper, A. "Leistungs messung mit system data envelopment analysis als instrument des controlling", *Controlling*, **3(S)**, pp. 164-70 (1996).
6. Ghalayini, A.M. and Noble, J.S. "The changing basis of performance measurement", *International Journal of Operations & Production Management*, **16(8)**, pp. 63-80 (1996).
7. Letza, S.R. "The design and implementation of the balanced business scorecard: An analysis of three companies in practice", *Business Process Management Journal*, **2(3)**, pp. 54-76 (1996).
8. Kaplan, R.S. and Norton, D.P., *The Balanced Scorecard Translating Strategy Into Action*, Harvard Business Review Press (1996).
9. Wang, J. "Corporate performance efficiency investigated by data envelopment analysis and balanced scorecard", *The Journal of American Academy of Business*, **9**, pp. 312-8 (2006).
10. Rouse, P., Putterill, M. and Ryan, D. "Integrated performance measurement design: Insights from an application in aircraft maintenance", *Management Accounting Research*, **13**, pp. 229-48 (2002).
11. Tsang, A.H.C., Jardine, A.K.S. and Kolodny, H. "Measuring maintenance performance: A holistic approach", *International Journal of Operations & Production Management*, **19(7)**, pp. 691-715 (1999).
12. Banker, R.D., Chang, H., Janakiraman, S.N. and Konstans, C. "A balanced scorecard analysis of performance metrics", *European Journal of Operational Research*, **154**, pp. 423-36 (2004).
13. Chen, T.-Y. and Chen, L. "DEA performance evaluation based on BSC indicators incorporated: The case of semiconductor industry", *International Journal of Productivity and Performance Management*, **56(4)**, pp. 335-57 (2007).
14. Chen, T.-Y., Chen, C.-B., Peng, S.-Y. "Firm operation performance analysis using data envelopment analysis and balanced scorecard: A case study of a credit cooperative bank", *International Journal of Productivity and Performance Management*, **57(7)**, pp. 523-39 (2008).
15. Chiang, C.-Y. and Lin, B. "An integration of balanced scorecards and data envelopment analysis for firm's benchmarking management", *Total Quality Management*, **20(11)**, pp. 1153-72 (2009).
16. Eilat, H., Golany, B. and Shtub, A. "R&D project evaluation: An integrated DEA and Balanced Scorecard approach", *Omega International Journal of Management Science*, **36**, pp. 895-912 (2008).
17. Rickards, R. "Setting benchmarks and evaluating balanced scorecards with data envelopment analysis", *Benchmarking: An International Journal*, **10**, pp. 226-45 (2003).
18. Garcia-Valderrama, T., Muleno-Mendigirri, E. and Revuelta-Bordoy, D. "Relating the perspectives of the balanced scorecard for R&D by means of DEA", *European Journal of Operational Research*, **196**, pp. 1177-89 (2009).
19. Macedo, M.A., Barbosa, A.C. and Cavalcante, G.T. "Performance of bank branches in Brazil: Applying data envelopment analysis (DEA) to indicators related to the BSC perspectives", *E&G Revist a Economiae Gestao*, **19(19)**, pp. 65-84 (2009).
20. Seiford, L.M. and Zhu, J. Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks", *Management Science*, **45(9)**, pp. 1270-1288 (1999).
21. Fare, R. and Whittaker, G. "An intermediate input model of dairy production using complex survey data", *Journal of Agricultural Economics*, **46(2)**, pp. 201-213 (1995).
22. Fare, R. and Grosskopf, S. "Productivity and intermediate products: A frontier approach", *Economics Letters*, **50**, pp. 65-70 (1996).
23. Lewis, H.F. and Sexton, T.R. "Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structures", *Computers and Operations Research*, **319**, pp. 1365-1410 (2004).
24. Kao, C. and Hwang, S.-N. "Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan", *European Journal of Operational Research*, **185(1)**, pp. 418-429 (2008).
25. Fitzgerald, L. and Storbeck, E.J. "Distinguishing interests in the performance of regulated water: The UK experience", *Centre for Business Performance*, pp. 197-203 (2002).
26. Hsieh, L.-H. and Lin, L.-H. "A performance evaluation model for international tourist hotels in Taiwan — an application of the relational network DEA", *International Journal of Hospitality Management*, **29**, pp. 14-24 (2010).
27. Paradi, J.C., Rouatt, S. and Zhu, H. "Two-stage evaluation of bank branch efficiency using data envelopment analysis", *Omega International Journal of Management Science*, **39**, pp. 99-109 (2011).
28. Liang, L., Yang, F., Cook, W.D. and Zhu, J. "DEA models for supply chain efficiency evaluation", *Annals of Operations Research*, **145(1)**, pp. 35-49 (2006).
29. Dyson, R.G., Camanho, A.S., Podinovski, V.V. and Sarrico, C.S. "Pitfalls and protocols in DEA", *European Journal of Operational Research*, **132**, pp. 245-59 (2001).