ارزیابی عملکرد سازمان با استفاده از دو رویکرد تلفیقی DEA-BSC و ANN-DEA

رضا احتشام‌راثی[۱،*]، عیسی ناجی[۲]

[۱]استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

[۲]دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۹۹، اصلاحیه: خرداد ماه ۱۳۹۹، پذیرش: تیر ماه ۱۳۹۹

چکیده:

با توجه به اهمیت کارایی در پیشبرد جوامع و جایگاهی که سازمان‌های امروزی به خود اختصاص داده، استفاده از ارزیابی عملکرد به ضرورتی گریز ناپذیر تبدیل شده است. از این رو در این پژوهش سعی بر آن داریم تا با استفاده از تلفیق دو رویکرد DEA-BSC و ANN-DEA به بررسی کارایی سازمان‌ها بپردازیم. در این راستا، ابتدا به تعیین شاخص‌های عملکرد به کمک تکنیک کارت امتیازی متوازن در چهار بعد مشتری، فرآیندهای داخلی، رشد و یادگیری و مالی پرداخته، سپس با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و مدل غیر شعاعی SBM و نرم افزار GAMS کارایی سازمان را محاسبه نمودیم. در گام بعد به کمک شاخص‌های بدست آمده از روش DEA-BSC و با استفاده از رویکرد تلفیق تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی و با بهره‌گیری از نرم افزار MATLAB میزان کارایی را مجدداً محاسبه نمودیم. در گام آخر به مقایسه دو روش DEA-BSC و ANN-DEA پرداخته که نتایج بدست آمده از مقایسه دو روش مذکور حاکی از سازگاری دو مدل در بحث کارایی و برتری روش ANN-DEA به لحاظ زمان کوتاه پاسخگویی و تعیین کارایی و امکان استفاده از الگوریتم آموزش دیده آن برای اندازه گیری کارایی واحدهای سازمانی در آینده است.

واژه‌های اصلی: ارزیابی عملکرد، کارت امتیازی متوازن (BSC)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، مدل غیرشعاعی (SBM)، شبکه عصبی مصنوعی

۱- مقدمه

تصمیم‌گیری از دغدغه‌های مدیران در فعالیت‌های حرفه‌ای است. ارزیابی و تصمیم‌گیری در مورد عملکرد بخش‌های سازمانی همیشه برای مدیران حائز اهمیت بوده و آنان را در اخذ تصمیم هدایت می-نماید. از طرفی استفاده بهینه از منابع، همواره مورد توجه مدیران قرار گرفته و همواره بر این تصمیم استوار بوده‌اند که با ایجاد راهکارهای مناسب از منابع موجود، حداکثر استفاده را ببرند. محدودیت عواملی چون سرمایه، نیروی انسانی، انرژی و ... مدیران را به این فکر واداشته که روشی را برای استفاده بهینه از این عوامل پیدا کنند. ایجاد یک سازمان بهره‌ور بدون بررسی و کسب آگاهی از میزان پیشرفت و دستیابی به اهداف و بدون شناسایی چالش‌های پیش‌روی سازمان و کسب بازخورد و اطلاع از میزان اجرای سیاست تدوین شده و شناسایی مواردی که به بهبود جدی نیاز دارند، میسر نخواهد شد. لرد کلوین[۱] فیزیکدان انگلیسی در مورد ضرورت اندازه گیری می‌گوید: "هرگاه بتوانیم آنچه را که درباره آن صحبت می‌کنیم، اندازه گرفته و در قالب اعداد و ارقام بیان نماییم، می‌توانیم ادعا کنیم درباره موضوع مورد بحث چیزهایی می‌دانیم، در غیر اینصورت آگاهی و دانش ما ناقص بوده و هرگز به مرحله بلوغ نخواهد رسید"[۱۷]. علم مدیریت نیز مبین مطلب مذکور است. هرچه را که نتوانیم اندازه‌گیری کنیم، نمی‌توانیم کنترل کنیم و هرچه را که نتوانیم کنترل کنیم، مدیریت آن امکانپذیر نخواهد بود. موضوع اصلی در تمام تجزیه و تحلیل‌های سازمانی، عملکرد است و بهبود آن مستلزم اندازه‌گیری است و از این رو سازمانی بدون سیستم ارزیابی عملکرد قابل تصور نمی‌باشد[۲۱].

نظام ارزیابی عملکرد نسبت به گذشته دستخوش تغییرات بسیار مهمی شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری در صورتی واقعی است که عمل مقایسه برای مشابه دیروز با امروز صورت پذیرد. به طور کلی نظام ارزیابی عملکرد را می‌توان از زوایای متفاوتی مورد بررسی قرار داد. دو دیدگاه مهم در خصوص ارزیابی عملکرد وجود دارد. الف: دیدگاه سنتی ؛ ب: دیدگاه نوین [۶].

در دیدگاه سنتی مهمترین هدف ارزیابی: قضاوت و ارزیابی عملکرد می‌باشد. در حالی که در دیدگاه مدرن فلسفه ارزیابی بر رشد و توسعه و بهبود ظرفیت ارزیابی شونده متمرکز شده است. تمایزات بین معیارهای سنتی و نوین در جدول (۱) خلاصه شده است، این شاخصهای نوین در واقع در سیستمهای جدید ارزیابی عملکرد به طور دقیق عینیت یافته‌اند[۶].

[1] Lord Kelvin

* rezaehteshamrasi@gmail.com

جدول (۱) : تفاوت دو دیدگاه سنتی و نوین

ویژگی‌ها	معطوف به قضاوت(یادآوری عملکرد-دیدگاه سنتی)	معطوف به رشد و توسعه(بهبود عملکرد- دیدگاه نوین)
نقش ارزیابی کننده	قضاوت و اندازه گیری عملکرد (قاضی)	مشورت دهنده و تسهیل عملکرد
دوره ارزیابی	گذشته	آینده
استانداردهای ارزیابی	نظر سازمان و مدیران مافوق	خود استانداردگذاری
هدف عمده ارزیابی	کنترل ارزیابی شونده	رشد و توسعه ظرفیت ارزیابی شونده
خروجی نظام	کنترل عملکرد	رشد، توسعه و بهبود عملکرد
پیامدهای ارزیابی	تعیین و شناسایی موفقترین و اعطای پاداش مالی به مدیران	ارایه خدمات مشاوره به منظور بهبود مستمر و روز افزون فعالیتها (ایجاد انگیزش مستمر برای بهبود کیفیت و خدمات و فعالیت‌ها)
سبک مصاحبه بعد از ارزیابی	دستوری (شبیه به محاکمه)	گفت و گو

مدیریت بر ارزیابی دستگاه‌ها و کارکنان براساس نگرش نوین در مقایسه با نگرش سنتی از تفاوت‌های اساسی در ابعاد مختلف برخوردار است. پیامد وجود نظام ارزیابی مبتنی بر دیدگاه نوین؛ بهبود رضایت؛ ارتقای سطح کارکرد و در نهایت اثربخشی فعالیتهای سازمان خواهد بود. در صورتی که اهداف اساسی مرتبط با انجام ارزیابی در راستای رشد و توسعه بهبود عملکرد و فعالیت‌های سازمان و افراد بوده و پدیده قضاوت و مچگیری در آن جایگاهی نداشته باشد. سازمانها خود به استقرار نظام ارزیابی می‌روند و به طور مستمر برای بهبود مکانیزم‌های آن تلاش می‌نمایند. برآیند این تلاشها ایجاد خود ارزیابی در سازمانهاست که پیامد سریعتر و بهتر اهداف سازمانی است[۱۰].

به استناد مطالعات گذشته در بین تمام مدل‌ها، تحلیل پوششی داده‌ها[1] روش بهتری برای سازماندهی و تحلیل داده‌ها است، زیرا این اجازه را می‌دهد که کارایی در طول زمان تغییر کند و به هیچ گونه پیش فرضی در مورد مرز کارایی نیاز ندارد[۲۲]. بنابراین بیش از سایر دیدگاه‌ها در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته و تکنیک مناسبی برای مقایسه واحدها در سنجش کارایی به شمار می‌آید. با این وجود مرز کارایی که از DEA حاصل گردیده، نسبت به اغتشاش‌های آماری و داده‌های پرت که در اثر خطای اندازه‌گیری یا هر عامل خارجی دیگر ایجاد شود، حساس است و اگر در داده‌ها اغتشاش آماری یا داده‌ای پرت وجود داشته باشد، ممکن است سبب شود تا مرز کارایی به دست آمده جابه جا شود و مسیر تحلیل های DEA را منحرف کند[۳]؛ به همین دلیل باید در استفاده از DEA برای ارزیابی عملکرد سایر واحدهای تصمیم گیرنده احتیاط نمود. این مسله باعث گردیده که به تازگی شبکه‌های عصبی مصنوعی[2] به عنوان جایگزین خوبی برای برآورد مرزهای کارایی تصمیم‌گیری به کار گرفته شود. زیرا ماهیت عملکرد ANN به دلیل قدرت یادگیری و تعمیم‌پذیری به گونه‌ای است که در برابر داده‌های پرت و اغتشاش‌های حاصل از اندازه‌گیری های غیردقیق داده‌ها مقاوم‌تر عمل کند[۲۱].

در سازمان‌های بهره‌ور بدون بررسی و کسب آگاهی از میزان پیشرفت و دستیابی به اهداف و بدون شناسایی چالش‌های پیش روی سازمان و کسب بازخور و اطلاع از میزان اجرای سیاست تدوین شده و شناسایی مواردی که به بهبود جدی نیاز دارند، میسر نخواهد شد. در علم مدیریت نیز مبین مطالب مذکور است. هر چه را که نتوانیم اندازه گیری کنیم نمی‌توانیم کنترل کنیم و هر چه را که نتوانیم کنترل کنیم مدیریت آن امکان پذیر نخواهد بود. موضوع اصلی در تمام تجزیه و تحلیل‌های سازمانی، عملکرد است و بهبود آن مستلزم اندازه گیری است، از این رو سازمانی بدون سیستم ارزیابی عملکرد قابل تصور نمی‌باشد. نظام ارزیابی عملکرد نسبت به گذشته دستخوش تغییرات بسیار مهمی شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری در صورتی واقعی است که عمل مقایسه برای مشابه دیروز با امروز صورت پذیرد [۱۶].

روش تلفیقی کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده ها که ابزار توانمندی جهت اندازه گیری را تشکیل می‌دهد؛ زیرا تکنیک‌هایی مانند DEA و BSC ابزارهایی هستند که نمی‌توان آنها را به عنوان تکنیک‌های جایگزین هم مطرح نمود، بلکه تلفیقی از این دو نظام ارزیابی عملکرد مورد توجه می‌باشد. بنابراین می‌توان از یکی از آنها به عنوان مکمل و پوشاننده نقاط ضعف دیگری استفاده نمود. در مدل ترکیبی DEA-BSC، از BSC به عنوان ابزاری جهت طراحی شاخص‌های عملکرد و از DEA به عنوان ابزاری جهت ارزیابی کارایی بهره می‌گیریم.

امروزه به دلیل وجود ابزارهای مختلف برای جمع آوری داده‌ها و پیشرفت قابل قبول تکنولوژی پایگاه داده‌ها، حجم انبوهی از اطلاعات در انبار داده‌های مختلف ذخیره شده است، این فرآیند مشارکتی میان انسان و رایانه در نهایت به دنبال کشف الگوها و قواعد معنادار در میان داده‌ها است و کشف الگوها و قواعد معنادار در میان داده‌ها می‌باشد [۷]. با توجه به حجم فراوانی از داده که در هر دوره عملکردی در سازمان‌ها بوجود می‌آید، می‌توان از خود داده‌ها و با بهره بردن از سیستمهای هوشمند برای کشف الگوها و روابط میان آنها استفاده نمود [۱۸]. انواع الگوریتم‌های فرا ابتکاری مانند: الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی که در حوزه یادگیری ماشینی و تحلیل داده کاوی استفاده می‌شود، می‌تواند مورد استفاده واقع گردد[۹]. روش DEA روش بهتری برای سازماندهی و تحلیل داده‌ها است، زیرا اجازه می‌دهد که کارایی در طول زمان تغییر کند و به هیچ گونه پیش فرضی در مورد مرز کارایی نیاز ندارد [۱۰]. بنابراین بیش از سایر دیدگاه‌ها در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته و تکنیک مناسبی برای مقایسه واحدها در سنجش کارایی به شمار می‌آید به همین دلیل باید در استفاده از DEA برای ارزیابی عملکرد سایر واحدهای تصمیم گیرنده احتیاط کرد. این مسله سبب گردیده که به تازگی شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان جایگزین خوبی برای برآورد مرزهای کارایی تصمیم-گیری به کار گرفته شود. زیرا ماهیت عملکرد شبکه‌های عصبی به دلیل

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)
[2] Artificial Neural Network (ANN)

قدرت یادگیری و تعمیم‌پذیری به گونه‌ای است که در برابر داده‌های پرت و اغتشاش‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های غیردقیق داده‌ها مقاوم‌تر عمل کند[۲۱]. یکی از روش‌های دیگر ارزیابی عملکرد تلفیق دو نظام اندازه‌گیری تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه‌های عصبی می‌باشد.

مبحث ارائه شده در این مقاله به این صورت است که ابتدا به دنبال راهی هستیم که بتوانیم میزان کارایی سازمان را پس از استفاده از ارزیابی متوازن بدست آوریم، بنابراین با تلفیق کارت امتیازی متوازن با تحلیل پوششی داده‌ها (DEA-BSC) کارایی سازمان را محاسبه، و در مرحله بعد با کمک تلفیق دو نظام تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه‌های عصبی (ANN-DEA) کارایی را مجدد محاسبه نموده و در نهایت نتایج حاصله را با یکدیگر مورد مقایسه و بررسی قرار می‌دهیم.

در این مقاله سعی داریم ابتدا در مرحله اول به کمک تلفیق دو نظام کارت امتیازی متوازن[1] و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA-BSC) کارایی سازمان را محاسبه نماییم، در این مرحله از کارت امتیازی متوازن به عنوان ابزاری جهت تحقق استراتژی‌های سازمان و تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان ابزاری جهت بررسی کارایی سازمان به شناسایی واحدهایی که به بهبود نیاز دارند، خواهیم پرداخت، و واحدهای کارا و ناکارای سازمان را شناسایی می نمائیم که در این راستا از روش غیر شعاعی (SBM[2]) بهره خواهیم برد. در مرحله بعد با کمک تلفیق دو نظام تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه‌های عصبی (ANN-DEA) کارایی را مجدد محاسبه نموده و در نهایت نتایج حاصله را با یکدیگر مورد مقایسه و بررسی قرار می‌دهیم. جنبه نوآوری این تحقیق محاسبه و مقایسه نتایج دو روش تلفیقی فوق برای ارزیابی عملکرد سازمان جهت انتخاب بهترین روش تلفیقی می‌باشد.

۲- چارچوب نظری تحقیق

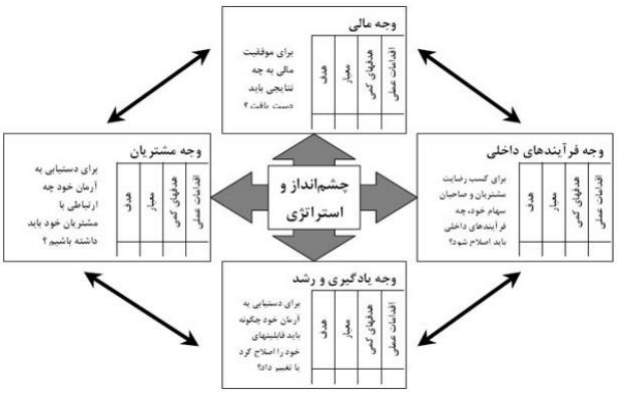
۲-۱- کارت امتیازی متوازن (BSC)

نرخ و سرعت تغییرات در دنیای کسب و کار، شدت یافته است و لذا به منظور سرآمدی، تمامی سازمان‌ها می‌بایست عملکرد استراتژیک خود را تسریع نمایند، همچنین سازمانها ملزم به عملکرد بالاتر، تمرکز دقیق‌تر و همسویی استراتژیک کارآمدتری می‌باشند. به منظور تحقق این امر، تمامی بخش‌های سازمان می‌بایست درک درستی از همسویی کارآمدی با اهداف استراتژیک سازمان داشته باشند. در دو دهه گذشته، یک سیستم مدیریت استراتژیک در راستای توانمندسازی سازمان‌ها در زمینه دستیابی به شفافیت و همسویی مورد نیاز جهت تسریع عملکرد استراتژیک خود شکل گرفته و توسعه یافته است، این سیستم کارت امتیازی متوازن نام دارد [۱۰]. تحقیقات متعدد انجام شده، نمایانگر آن است که ارزش بازار شرکت‌ها تغییر چشمگیر و محسوسی از دارایی‌های ملموس به دارایی‌های ناملموس داشته است. رابرت کاپلان و دیوید نورتن بر این اساس که دیگر در دنیای کسب و کار نوین شاخص‌های مالی به تنهایی برای ارزیابی موثر نیستند، در سال ۱۹۹۰ مقاله‌ای با عنوان "شاخص‌هایی که محرکه عملکردند" منتشر و در این مقاله اشاره نمودند که شرکت‌های موفق برای ارزیابی عملکرد خود علاوه بر منظر مالی از سه منظر دیگر شامل مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری نیز استفاده می‌کنند.

اگر بخواهیم چهار وجه سیستم کارت امتیازی متوازن را به طور خلاصه بیان کنیم، در هر وجه بایستی به سوالات زیر پاسخ داده شود:

- *وجه مالی*: خواسته‌ها و انتظارات سهامداران از سازمان چیست؟ و چه اهداف، اقدامات و برنامه‌های اجرایی برای تحقق انتظارات ذینفعان لازم است.
- *وجه مشتری* : خواسته‌ها و انتظارات مشتریان از سازمان چیست؟ و چه اهداف و برنامه‌های اجرایی برای تحقق انتظارات مشتریان لازم است.
- *وجه فرآیندهای داخلی* : برای دستیابی به خواسته‌ها و انتظارات مشتریان و به دنبال آن سهامداران چه فعالیتهایی می‌بایست صورت پذیرد؟ و فرآیندهای کلیدی برای انجام این فعالیتها کدامند؟
- *وجه رشد و یادگیری* : با توجه به اینکه نیازهای مشتریان؛ سهامداران و ذینفعان شناسایی شده و فرآیندهایی که می‌بایست آن نیازها را محقق سازد تعیین شده است. حال این فعالیتها و فرایندها را چه کسانی می‌بایست انجام دهند؟ چه قابلیتها و تواناییهایی در نیروی انسانی؛ تکنولوژی اطلاعاتی و زیرساختارهای سازماندهی وجود داشته باشد تا کارها با کارایی و اثربخش انجام گیرد؟

با توجه به مزایا و خطرات، کوتاه‌مدت و همچنین بلند مدت نگرانی های مرتبط با تصمیمات استراتژیک برون سپاری، مدیریت نیاز به یک رویکرد ساختاری دارد که ضمن انتخاب بهترین استراتژی برون سپاری ، عناصر استراتژیک تصمیم گیری برای سازمان را در نظر بگیرد[۱۸]. سازمان‌ها از این روش نه تنها برای ارزیابی عملکرد بلکه به عنوان ابزاری جهت کنترل نحوه اجرای استراتژی‌های خود در سرتاسر سازمان بهره می‌گیرند[۱۰]. در واقع کارت امتیازی متوازن، تکنیکی جهت تبدیل استراتژی به عمل است. این تکنیک، با تشخیص شاخص‌های دستیابی به اهداف، میزان موثر بودن استراتژی‌های سازمان را بررسی می‌کند (شکل ۱).



شکل (۱) : وجوه روش ارزیابی متوازن [۱۱]

[1] Balanced Score Card (BSC)
[2] Slack Based Measure (SBM)

۲-۲- تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها مفهومی از محاسبه ارزیابی سطوح کارایی در داخل یک گروه از سازمان را نشان می‌دهد. کارایی هر واحد در مقایسه با تعدادی از واحدها که دارای بیشترین عملکرد هستند، محاسبه می‌شود. این تکنیک مبتنی بر رویکرد برنامه‌ریزی خطی است که هدف اصلی آن، مقایسه و سنجش کارایی تعدادی از واحدهای تصمیم گیرنده مشابه است که تعداد ورودی‌های مصرفی و خروجی‌های تولیدی متفاوتی دارند. این واحدها می‌توانند شعب یک بانک، مدارس، بیمارستان و ... باشند. منظور از مقایسه و سنجش کارایی این است که واحد تصمیم گیرنده در مقایسه با سایر واحدهای تصمیم گیرنده، چقدر خوب از منابع خود در راستای تولید استفاده کرده است.

تا قبل از سال ۱۹۵۷ عمده تحقیقات و مطالعات برای محاسبه کارایی واحدهای تصمیم گیرنده (DMUs)[1]، منحصر به وجود آمدن روش‌های پارامتری گردید. تا اینکه فارل در سال ۱۹۵۷ برای نخستین بار روش‌های غیر پارامتریک را مطرح نمود. او با استفاده از چند ورودی و یک خروجی برای واحدهای تصمیم گیرنده، تابع مرزی را چنان برازش داد که حاصل برازش فوق، یک تابع قطعه‌ای خطی را به وجود آورد. در سال ۱۹۷۸ یک باب بزرگ در تحقیق در عملیات گشوده شد. بدین صورت که چارنز، کوپر و رودز برای اولین بار مدل بازده به مقیاس ثابت CCR[2] را مطرح کردند که این مدل تعمیمی از روش سنجش کارایی فارل به چند داده و ستاده می‌باشد.

مبنای شکل‌گیری این مدل، تعریف کارایی به صورت نسبت یک خروجی به یک ورودی است. به عبارت دیگر در مدل CCR برای محاسبه کارایی فنی به جای استفاده از نسبت یک خروجی به یک ورودی از نسبت مجموع موزون خروجی‌ها به مجموع موزون ورودی‌ها استفاده می‌شود. در مدل CCR فرض بر این است که بازدهی نسبت به مقیاس برای کلیه بنگاهها ثابت است. بازده ثابت نسبت به مقیاس یعنی این که، تمامی صنایع در مقیاس بهینه تولید کرده و اندازه سازمان اثری بر روی کارایی آن ندارد.

در سال ۱۹۸۴، بنکر، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR، مدل جدیدی به نام مدل BCC عرضه کردند که یک مدل بازده به مقیاس متغییر می‌باشد. در بحث تحلیل پوششی داده‌ها دو روش برای سنجش کارایی واحدهای تصمیم گیرنده وجود دارد، روش شعاعی و روش غیر شعاعی [۱۲].

روش شعاعی توسط مدل‌های CCR و BCC حل می‌شوند. در این روش تغییرات در ورودی و خروجی را مبنای کار خود قرار می‌دهند و واحدهای تصمیم گیرنده ناکارا را برای نمرات کارایی گزارش نمی‌دهند. ولی در روش غیر شعاعی با استفاده از مدل معیار متغیرهای کمکی SBM[3]، کارایی مبتنی بر متغییرهای کمکی مدل‌سازی می‌شود و نمرات ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده ناکارا را نیز ارائه می‌دهد.

با معرفی یک اندازه برای کارایی که تحت تغییر واحد اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌های پایا است، مدل SBM را مطرح خواهیم نمود، یعنی اندازه‌ای را معرفی می‌کنیم که با تغییر واحد اندازه‌گیری تغییری نکند.از دیگر خصوصیات مدل SBM می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) مدل SBM نسبت به تغییر واحد، هم در ورودی‌ها و هم در خروجی‌ها پایدار می‌باشد. یعنی مدل SBM مستقل از واحد اندازه‌گیری است.

۲) مدل SBM نسبت به ورودی‌ها و خروجی‌ها اکیداً یکنواست. یعنی هر نوع افزایش در متغیرهای خروجی باعث افزایش کارایی، و هر نوع کاهش در متغیرهای ورودی باعث افزایش کارایی می شود[۱۳].

به منظور کارایی یک واحد تصمیم گیرنده (X_0وY_0) مدل زیر برحسب λ و S^+ وS^- فرمول‌بندی می‌شود :

$$\text{(SBM)}\quad \text{Min } \rho_0 = \frac{1-\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{s^-}{x_{io}}}{1+\frac{1}{m}\sum_{r=1}^{s}\frac{s^+}{y_{ro}}}$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} + s^- = x_{io} \qquad (\text{I} = 1,\ldots,\text{m})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj} - s^+ = y_{ro} \qquad (\text{r} = 1,\ldots,\text{s})$$

$$\lambda_j , s^+ , s^- \geq 0$$

$$\text{I} = 1,\ldots,\text{m} \quad \text{j}=1,\ldots,\text{n} \quad \text{r} = 1,\ldots,\text{s}$$

در این مدل فرض بر این است که $Y_0 \geq 0$ و $X_0 \geq 0$ و اگر $x_{io=1}$ ، در اینصورت جمله $\frac{s^-}{x_{io}}$ از تابع هدف حذف می‌شود.

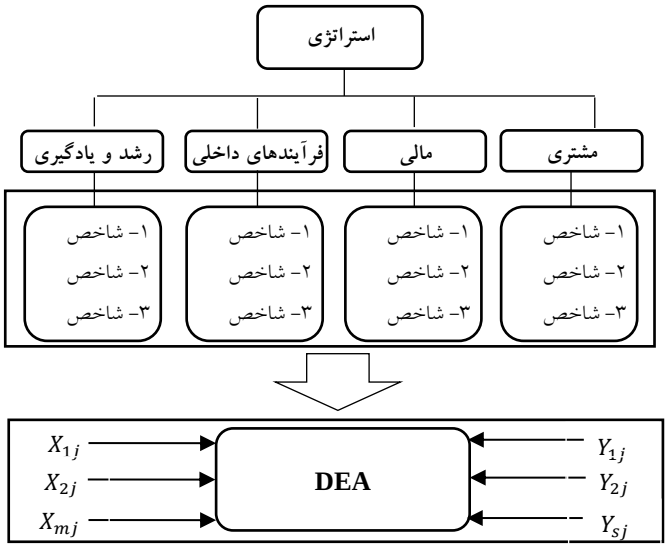
و اگر $y_{ro=0}$ در اینصورت، به جای آن عدد بسیار کوچکی قرار می‌دهیم که جمله $\frac{s^+}{y_{ro}}$ نقش جریمه را بازی می کند[۱۳]

۲-۳- تلفیق دو نظام کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA-BSC)

همانطور که می‌دانیم تکنیک‌هایی مانند BSC و DEA ابزارهایی هستند که نمی‌توان آن‌ها را به عنوان تکنیک‌های جایگزین هم مطرح نمود، بلکه تلفیقی از این دو نظام ارزیابی عملکرد مورد توجه می‌باشد. بنابراین می‌توان از یکی از آن‌ها به عنوان مکمل و پوشاننده نقاط ضعف دیگری استفاده کرد.

در مدل ترکیبی DEA-BSC، از BSC به عنون ابزاری جهت طراحی شاخص‌های عملکرد و از DEA به عنوان ابزاری جهت ارزیابی کارایی بهره می‌گیریم. که ارتباط بین این دو تکنیک در شکل زیر آورده شده است (شکل ۲).

[1] Decision Making Units
[2] Charnes, Cooper and Rhodes
[3] Slack-Based Measure



شکل (۲) : مدل ترکیبی ارزیابی عملکرد [۵]

که می‌توان مراحل شاخص‌سازی و ارزیابی عملکرد را با استفاده از دو تکنیک DEA و BSC به صورت زیر بیان کرد [۱۴]:

- ✓ *شناسایی سازمان:* در این مرحله، اهداف و راهبردهای سازمان شناسایی شده و با استفاده از تکنیک BSC، شاخص‌هایی در هر دیدگاه طراحی می‌شود. شاخص ها به صورت متوازن و با دیدگاه‌های (ابعاد) مختلف ایجاد می‌شود.
- ✓ *ارزیابی عملکرد:* شاخص های طراحی شده توسط BSC، در دو گروه ورودی یا خروجی (یا هر دو) طبقه بندی می‌شوند و با استفاده از DEA، مورد ارزیابی قرارمی‌گیرند.
- ✓ *طراحی مسیر اصلاح و بهبود:* توسط DEA، مسیر اصلاح و بهبود برای هر شاخص مشخص می‌شود. مسیر اصلاح و بهبود برای شاخص های ورودی در جهت کاهش، شاخص‌های خروجی در جهت افزایش است.
- ✓ *تعیین اهداف شاخص ها برای دوره بعدی:* اهدافی که توسط DEA تعیین شده اند، به عنوان اهداف شاخص ها برای دوره بعدی اجرای BSC، مدنظر قرار می‌گیرند.

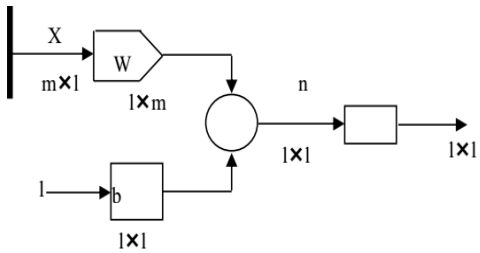
در این روش در هر بار اجرای BSC؛ یعنی در هر دوره زمانی که داده‌های سازمان وارد سیستم BSC می‌شود و نتایج ارائه می‌شود سازمان با تکنیک DEA ارزیابی می‌شود و اهداف شاخصها در دوره بعد مشخص می‌شود. در صورت دستیابی به اهداف تعیین شده سازمان به شرایط مطلوب و مورد انتظار کارایی می‌رسد.

در دوره بعد ارزیابی عملکرد: شرایط سازمان با شرایط مورد انتظار از دوره قبل مقایسه گردیده و کارایی و اهداف جدید تعیین می‌شوند. این روش به صورت دوره‌ای اجرا می‌شود و پس از هر بار اجرا: از مدیر انتظار می‌رود که با تدوین استراتژی‌های جدید: سازمان را به سوی شرایط مطلوب کارایی هدایت کند.

۲-۴- شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه عصبی مصنوعی یک الگوی پردازش اطلاعات است که بر اساس ساختمان عصبی مغز انسان سازمان یافته است و به دنبال تقلید از رفتار سیستم بیولوژیکی مغز انسان است. این شبکه‌ها در واقع سامانه‌ای پویا و غیرخطی‌اند که از تعداد زیادی واحد پردازش و اتصالات بین این واحدها تشکیل شده‌اند.

شبکه عصبی به کمک فرآیند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهایی به نام نورون تلاش می‌کنند با شناخت ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهند. نورون کوچکترین واحد پردازش اطلاعات است و اساس عملکرد، شبکه عصبی را تشکیل می‌دهد. مدل عصبی تک نورون در شکل(۳) آورده شده است :



شکل (۳) : مدل یک نورون با m ورودی [۱۵]

که می‌توان مراحل شاخص‌سازی و ارزیابی عملکرد را با استفاده از دو تکنیک DEA و BSC به صورت زیر بیان کرد [۱۴]:

شناسایی سازمان: در این مرحله، اهداف و راهبردهای سازمان شناسایی شده و با استفاده از تکنیک BSC، شاخص‌هایی در هر دیدگاه طراحی می‌شود. شاخص‌ها به صورت متوازن و با دیدگاه‌های (ابعاد) مختلف ایجاد می‌شود.

ارزیابی عملکرد: شاخص‌های طراحی شده توسط BSC، در دو گروه ورودی یا خروجی (یا هر دو) طبقه‌بندی می‌شوند و با استفاده از DEA، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

طراحی مسیر اصلاح و بهبود: توسط DEA، مسیر اصلاح و بهبود برای هر شاخص مشخص می‌شود. مسیر اصلاح X یک ورودی با m عنصر $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ و W وزن‌های سیناپسی که میزان تاثیر X را روی خروجی نشان می دهد، b مقداری ثابت یا مقدار بایاس، f تابع تبدیل که ورودی خالص n را به خروجی تبدیل می کند، و o خروجی شبکه را نشان می دهد.

شبکه‌های عصبی می‌توانند بیش از یک لایه داشته باشند. در شبکه‌های چندلایه هر لایه ماتریس وزن W برای بایاس، b برای ورودی خالص، n برای خروجی، o مختص به خود را دارد.

در این شبکه عصبی هر لایه شامل تعدادی نورون است که با شبکه و وزن‌های متفاوت به هم مرتبط شده‌اند. براساس ارتباط گره‌ها با یکدیگر شبکه عصبی را به دو گروه شبکه عصبی پیش خور[1] و شبکه عصبی بازخور[2] تقسیم می‌کنند.

[1] Feed Forward
[2] Feed Back

در شبکه عصبی پیش خور هیچ گونه ارتباطی بین اعصاب یک لایه وجود ندارد و ارتباطی به سوی لایه‌های قبلی نیز وجود ندارد. شبکه‌های پیش خور اطلاعات، مجموعه‌ای از سیگنال‌های ورودی را به مجموعه‌ای از سیگنال های خروجی انتقال می‌دهند. ولی شبکه‌های بازخور ارتباط از یک لایه به لایه قبلی و یا ارتباط افقی بین اعصاب یک لایه وجود دارد[۱۶].

۲-۴-۱- یادگیری در شبکه عصبی مصنوعی

هدف از آموزش شبکه عصبی، رسیدن به شرایطی است که شبکه قادر به پاسخگویی صحیح به داده‌های ارائه شده در آموزش شبکه (به خاطر سپردن)، همچنین داده‌های مشابه و متفاوت از ورودی‌هایی که از آنها برای آموزش شبکه استفاده شده است (تعمیم دادن).

برتری عمدهٔ شبکه‌های عصبی آموزش داده شده بر محاسبات کلاسیک این است که نتایج مورد نیاز با تلاش کمتر و در زمان کمتری قابل حصول است. اغلب یادگیری در شبکه عصبی از دو طریق یادگیری با ناظر و یادگیری بدون ناظر صورت می‌گیرد.

در یادگیری با ناظر، آموزش شبکه عصبی، با استفاده از زوج بردارهای نمونه صورت می‌گیرد به طوری که به هر بردار ورودی یک بردار خروجی مشخص نسبت داده می‌شود. با ارائه این مجموعه بردارها به شبکه، وزن‌ها بر اساس الگوریتم یادگیری شبکه اصلاح می‌گردند[۱۶].

ولی در یادگیری بدون ناظر، بردارهای ورودی به شبکه ارائه گردیده بدون اینکه بردارهای خروجی مربوطه به شبکه داده شوند، وزن‌های شبکه بصورتی اصلاح می‌شوند که بردارهای ورودی مشابه در یک گروه‌بندی قرار گیرند و پاسخ شبکه بر اساس نزدیکترین بردار به بردار ورودی خواهد بود [۱۶].

البته روش‌های زیادی برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده. که روش گرادیان از متداول‌ترین آنهاست، البته برای شبکه عصبی پیچیده خطای زیادی دارد. از الگوریتم ژنتیک نیز برای آموزش شبکه عصبی استفاده می‌شود. یکی از متداول‌ترین و پرکاربردترین شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار(BP)[1] است. در الگوریتم پس انتشار، خطای داده‌های ورودی مکرر به شبکه داده می‌شود و خروجی با خروجی مطلوب مقایسه و خطا در هر تکرار محاسبه می‌شود. این خطا در طول شبکه منتشر و وزن‌های سیناپسی طوری تنظیم می‌شود که خطا در هر تکرار کاهش می‌یابد [۱۷].

۳- پیشینه پژوهش

پیشینه تحقیقات خارجی و داخلی در جدول (۱) پرداخته شده است.

جدول (۱) : پیشینه تحقیقات خارجی و داخلی

ردیف	نام محقق و سال تحقیق	پیشینه و سابقه تحقیق خارجی
۱	کاستا وهارکلاس (۱۹۹۷)	کارایی متروی لندن با داده‌های سری‌های زمانی تحلیل و نتایج حاصل از ANN با حداقل مربع های معمولی تصحیح شده DEA بسیار به هم شبیه بودند
۲	فلسینگ و کاستون (۲۰۰۰)	شبکه‌های عصبی برای تخمین توابع هزینه به کارگرفته شد
۳	سانتین و دلگادو (۲۰۰٤)	از شبکه عصبی برای شبیه‌سازی تابع تولید غیرخطی استفاده و نتایج آن را با روش‌های متداول‌تری مانند مرزهای تصادفی و DEA با مشاهدات مختلف و اغتشاش مقایسه کرد و نشان داد شبکه عصبی در مقایسه با روش-های ذکر شده ثبات بیشتری دارد
٤	سلیبی و بیرکتر (۲۰۰۷)	ترکیب DEA و ANN برای ارزیابی تامین کنندگان تحت اطلاعات ناقص را مطرح کردند. یکی از روش‌های ارزیابی موفق پیشنهاد شده برای این هدف، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) است که تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی را برای ارزیابی عملکرد مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری مشابه (یکسان) با چندین ورودی و خروجی به کار می‌برد. هدف این مطالعه کشف یک ترکیب جدید از شبکه عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی تامین کنندگان تحت اطلاعات ناقص از معیارهای ارزیابی است
٥	کومار و موندال (۲۰۱۱)	در این تحقیق به بررسی عملکرد مراکز آموزشی هند با استفاده از رویکرد ترکیبی شبکه عصبی و مدل تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج حاکی از آن است که این رویکرد ترکیبی نتایج دقیقی برای بررسی عملکرد مراکز معرفی کرده است
٦	تالها و همکاران (۲۰۱۷)	به کمک تلفیق دو روش DEA و ANN به بررسی کارایی شرکت‌های کوچک در ترکیه پرداختند که نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان دهنده ی قدرت بالای روش ANN در محاسبه کارایی سازمان بود
۷	کرمعلی و همکاران (۲۰۱۳)	به تحلیل حساسیت به کمک روش ANN-DEA پرداختند، آنها در این مقاله به بررسی ۹۱٤ شعبه از یک بانک پرداختند و ابتدا به کمک روش DEA و مدل بنکر، چارنز و کوپر (BCC[2]) ورودی کارایی واحدها را محاسبه و سپس به کمک روش ANN-DEA به تحلیل حساسیت کارایی پرداختند
۸	کاداروا و همکارانش (۲۰۱٥)	در این تحقیق روش DEA و BSC ترکیب شده اند تا عملکرد جامعی و سیستم مدیریت کارایی برای شرکتهای صنعتی و فرایندهایشان به دست آمده است.
۹	موداک و همکاران (۲۰۱۷)	در هند ، تقاضای ذغال سنگ به دلیل نیاز روزافزون آن از سوی بخش های رو به رشد و صنایع فولاد ، به طور مداوم رو به افزایش است. در این مقاله بر توسعه یک چارچوب

[1] Back Propagation (BP)

[2] Banker, Charnes and Cooper

		ارزیابی عملکرد مؤثر مبتنی بر (BSC) و فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) برای تجزیه و تحلیل مناسب بودن تصمیم استراتژیک برون سپاری در راستای عملکرد سازمان برای معدن ذغال سنگ هند متمرکز شده است. یافته های پژوهش حاضر چارچوب پیشنهادی را به عنوان ابزاری تحلیلی در تدوین استراتژی ایجاد کرده و راهنمایی های منطقی برای مدیریت در رابطه با بهبود عملکرد ارائه می دهد.
۱۰	باسو و همکاران (۲۰۱۸)	در این مقاله از توانایی DEA برای ارزیابی عملکرد با ادغام رویکرد DEA با ابزار کارت امتیازی متوازن (BSC) بهره برداری نموده‌اند. این اولین مطالعه است که کاربرد مشترک DEAو BSC را در موزه‌ها ارائه می‌دهد. برای این منظور یک رویکرد جدید دو مرحله ای-DEA BSCپیشنهاد می‌نمایند. در مرحله اول ، یک طرح کارت امتیازی متوازن طراحی شده برای موزه‌ها تنظیم نمودند، سپس یک مدل DEA مناسب برای هر چشم انداز BSC تعریف م و نمره کارایی DEA را برای هر منظر محاسبه نمودند.
۱۱	موداک و همکاران (۲۰۱۹)	مطالعه حاضر یک رویکرد یکپارچهBSC-ANP فرایند شبکه تحلیلی برای انتخاب بهترین استراتژی برون سپاری (تأمین منابع ، برون سپاری ، و اتحاد استراتژیک) برای فعالیت های عملیاتی سازمان معدن ذغال سنگ در هند پیشنهاد می‌کند.
۱۲	براناردو و همکاران (۲۰۲۰)	در این زمینه ، تجزیه و تحلیل پوششی داده ها (DEA) ، یک تکنیک انعطاف پذیر که امکان استفاده از چندین ورودی و خروجی را برای ارزیابی عملکرد واحدهای تولیدی فراهم میکند، ممکن است مفید باشد. در DEA ، علاوه بر مدلهای به اصطلاح کلاسیک ، مدلهای حاصل از سود صفر (ZSG) نیز وجود دارند که هنگام استفاده از یکدیگر، در تخصیص منابع کمک می کنند. نتایج حاکی از افزایش کارایی کتابخانه ها از طریق توزیع مجدد منابع است.

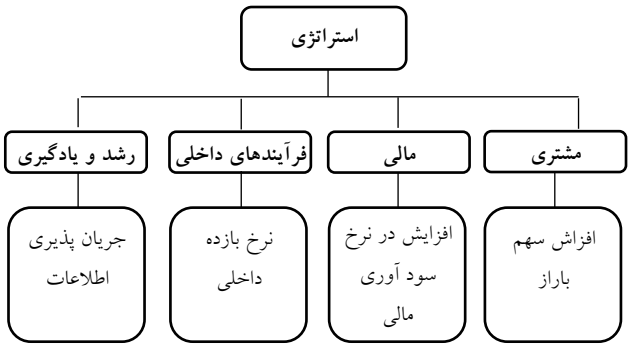
٤- روش شناسی تحقیق

این تحقیق از حیث هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی- توسعه‌ای بوده و در واقع به ارائه یک روش برای حل مسئله در دنیای واقعی می‌پردازد و از لحاظ متغیر، تحقیقی کمی است. روش مورد استفاده در این تحقیق، روش تجربی-ریاضی است. اطلاعات مورد نیاز برای اجرای تحقیق با استفاده از انواع روش‌های میدانی، کتابخانه‌ای مشاهده و بعضاً مصاحبه بدست آمده است.

در علم تحقیق در عملیات برای اجرای تجربه عملی از مدل‌سازی و عمدتاً از مدل‌های ریاضی استفاده می‌شود. مدل عبارتی در قالب ریاضی یا شبه ریاضی است که در معرفی موضوع مورد بحث، آن را به صورت واقعیت تشریح می‌کند. پس از ساختن مدل مناسب، تصمیم گیرنده می‌تواند به هر نوع تجربه‌ای اقدام نماید، بدین ترتیب که چند متغیر موجود را تغییر داده و بقیه را ثابت نگه دارد، و محدویت تجربه عملی در تحقیق در عملیات را می‌توان با مدلسازی برطرف نمود.

همواره در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و موسسات و به طور کلی واحدهای تصمیم گیری، استفاده از نسبت ها به عنوان یکی از ابزارهای بسیار مهم در اندازه‌گیری کارایی به شمار می‌رود. امتیاز کلی کارایی یک واحد تصمیم‌گیری در حالت کلی، به صورت جمع وزنی خروجی‌ها تقسیم بر جمع وزنی ورودی‌ها تعریف می‌شود. این نسبت در مقایسه کارایی واحدهایی که فقط از یک ورودی و یک خروجی استفاده می‌کنند آسان است، ولی وجود اینگونه واحدها در عمل بسیار نادر است و نوعاً تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها در عمل بیش از یکی می‌باشد. لذا عمدتاً از تعداد زیادی ورودی و خروجی جهت تحلیل عملکرد واحدها استفاده می‌شود، از این رو استفاده از تکنیک‌های تحلیل پوششی و شبکه عصبی مصنوعی معقول به نظر می‌رسد. در ادامه به بررسی ورودی‌ها که نشان دهنده منابع و خروجی‌ها که نشان دهنده موفقیت و عملکرد می‌باشند، پرداخته می‌شود.

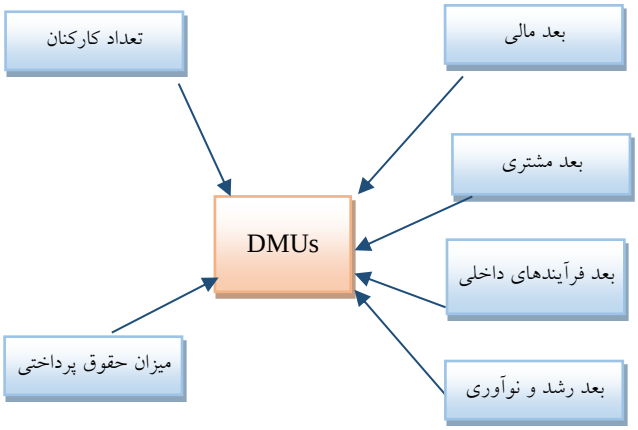
روش کارت امتیازی متوازن بطور گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم کارت امتیازی متوازن علاوه بر مزایای بسیاری که برای سازمان‌ها در برخواهد داشت، دارای معایبی نیز می‌باشد، زیرا کارت امتیازی متوزان نه بطور نسبی و نه به طور مطلق هیچ تکنیکی برای تخمین میزان مشارکت چشم انداز ارائه نمی‌دهد و حتی اهمیت نسبی هر شاخص را نیز تحت یک چشم‌انداز تخمین نمی‌زند، این تکنیک می‌تواند برای درک اهمیت نسبی ابعاد و شاخص‌ها به کار رود. پس از بررسی مطالعات گذشته در حوزه کارت امتیازی متوازن و نظر سنجی از خبرگان، شاخصهای بومی شده کارت امتیازی متوازن شناسایی و تایید شدند.این شاخص‌ها در چهار بعد متناسب با ابعاد اصلی کارت امتیازی متوازن خلاصه شده که در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل (٤): شاخص‌های کلیدی کارت امتیازی متوازن

یک واحد تصمیم‌گیری، نهادی است که داده‌ها را به ستانده‌ها تبدیل می‌کند. این واحدها، واحدهایی هستند که نوع یکسانی از وظایف را انجام داده و دارای اهداف و آرمان‌های یکسانی می باشند[۲۴] .واحدهای تصمیم‌گیری که در تحلیل پوششی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید همگن بوده و دارای داده‌ها و ستانده‌های یکسان و همنوع باشند. این تحقیق ۲۲ واحد تصمیم‌گیر را شامل می‌شود. بنابراین ابتدا مدل DEA-BSC بر پایه ترکیب دو روش کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی سازمان را محاسبه می‌نماییم، و سپس واحدهای کارا و ناکارای سازمان را شناسایی می‌کنیم. بنابراین

ورودی‌ها و خروجی‌های مدل در مدل ترکیبی DEA-BSC مشخص گردید که ورودی‌ها شامل تعداد کارکنان و میزان حقوق پرداختی و خروجی‌ها در چهار بعد کارت امتیازی متوازن شامل افزایش در نرخ سودآوری مالی، نرخ بازده داخلی، ارزش کسب شده، افزایش سهم بازار و جریان پذیری اطلاعات می‌باشد. شکل (۵) نمایی از ورودی‌ها وخروجی‌های مدل را نشان می‌دهد.

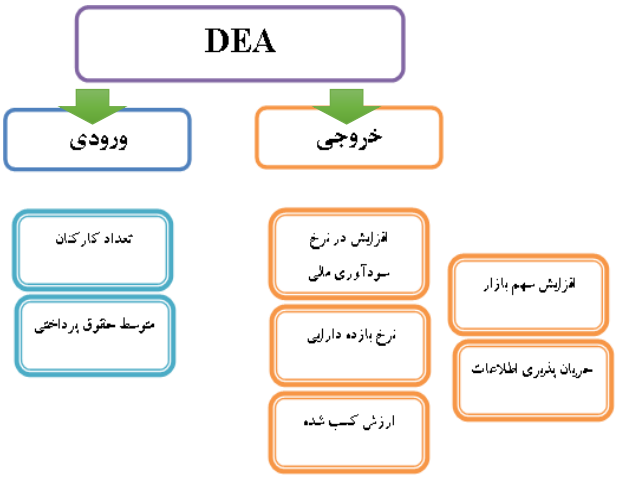


شکل (۵) : نهاده‌ها و ستاده‌های مدل DEA-BSC

انتخاب نوع ماهیت مدل تحلیل پوشیی داده‌های مورد استفاده، بستگی به میزان کنترلی دارد که مدیریت تصمیم گیری می‌تواند بر روی داده‌ها و ستانده‌ها اعمال کند. در مدل DEA-BSC، از مدل تحلیل پوششی داده ها با ماهیت خروجی محور برای ارزیابی کارایی استفاده شده است، زیرا به نظر می‌رسد؛ مدیریت، توان اعمال کنترل بیشتری بر روی ستانده‌ها نسبت به داده‌ها را دارد و از طرفی، هدف این مدل ایجاد توازن در شاخص‌های مطرح شده در کارت امتیازی متوازن است که همگی جزو خروجی‌های مدل می‌باشند.دراین مدل از روش غیر شعاعی (SBM[1]) استفاده شده است.در ادامه تحقیق مدل ANN-DEA بر پایه ترکیب دو روش تحلیل پوششی داده‌ها (روش غیرشعاعی با مدل SBM) و شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد که جهت اندازه‌گیری اعداد کارایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مجموع ورودی و خروجی‌های به کار گرفته شده در هر واحد تصمیم‌گیرنده در DEA به عنوان ورودی شبکه عصبی استفاده می‌شود. شبکه از یادگیری با ناظر استفاده می‌کند و بردار یادگیری آن کارایی است که قبلاً توسط DEA محاسبه شده است.خروجی شبکه نیز عددی تقریباً بین صفر و یک است که مقدار کارایی واحدها را نشان می دهد. شبکه پس از آموزش، الگوی کارایی را یادگرفته و قدرت تعمیم آن برای داده‌های جدید را دارد. شبکه عصبی مصنوعی مدل ANN-DEA یک پرسپترون چند لایه با الگوریتم پس انتشار خطا است. شبکه از یادگیری با ناظر استفاده می‌کند و بردار یادگیری آن کارایی است که قبلاً توسط DEA محاسبه شده است. خروجی شبکه نیز عددی بین صفر و یک است که مقدار کارایی واحدها را نشان می‌دهد. ایده ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی از این نظر اهمیت دارد که می‌توان یک شبکه عصبی را طراحی کرد و آن را با اطلاعات به دست آمده از روش تحلیل پوششی داده‌ها تعلیم داد و برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در سال‌های بعد یا حتی برای واحدهای جدیدی که قبلاً نبوده‌اند از این شبکه عصبی تعلیم داده استفاده کرد.

۵- یافته‌های پژوهش

در بخش‌های قبلی مراحلی که در طراحی یک نظام تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی مدنظر قرار می‌گیرد، شرح داده شد.حال در این بخش به بررسی و ارزیابی یک شرکت خصوصی می‌پردازیم. ابتدا شاخص‌های عملکرد را به کمک تکنیک کارت امتیازی متوازن در چهار بعد مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری مطابق شکل (۶) می‌باشد.



شکل (٦): ورودی و خروجی‌های پژوهش حاصل از روش BSC

همچنین ورودیهای پژوهش در جدول (۲) و خروجی های پژوهش در جدول (۳) تعیین نمودیم.

جدول (۲) : ورودی های پژوهش

DMUs	ورودی ها (Input)	
	تعداد کارکنان	حقوق پرداختی
DMU1	۷٦	۲۱٤۷٦
DMU2	۷۸	۲۲٦۳۹
DMU3	٦٦	۱۹۷٦٥
DMU4	۸۹	۲٥۸٦۷
DMU5	۱۲۷	۳٥۱٥٥
DMU6	۲۰۳	٦٤٤۱۱
DMU7	۱۰۷	٦۷۳۰۷
DMU8	۸۳	٥۲۹۸۸
DMU9	٦۸	٤۲۲۷۰
DMU10	۱۸٦	۱۱۸۰۲۳
DMU11	۱۷۳	۱۰۷۹۰۱

[1] Slack Based Measure (SBM)

DMU12	۹٤	٦۰٥٦۹
DMU13	۳٤	۲۱٤۰٥
DMU14	۳۳	۲۱٦۲۹
DMU15	٤۷	۲۹۹۰۷
DMU16	۳۷	۲٤۸۳۷
DMU17	۸۱	٥۱٤۱۹
DMU18	۱۱٦	۷٤۹۷۷
DMU19	۹۱	٥۷۷۸٥
DMU20	٥۳	۳۲۸۸۳
DMU21	۱۲۱	۷٤۰۰۱
DMU22	٦۹	٤۲۸۰۲
مجموع	**۲۰۳۲**	**۱۰٦۸۰۸۸**

جدول (۳) : خروجی‌های پژوهش

DMUs	خروجی (Output)				
	جریان پذیری اطلاعات	نرخ سودآوری	نرخ بازده دارایی	ارزش کسب شده	افزایش سهم بازار
DMU1	٦۱/٤۲۸	٥۹٥۹۲	۰/۲٦٥۷	۱۰۸۷۳۲	۱/۷٤۳۲
DMU2	٦۰/۳۲۱	٦۲۸۱۹	۰/۲۸۰۱	۱۱٤٦۲۰	۱/۸۳۷٦
DMU3	٥۹/۸۷۲	٥٤۸٤٥	۰/۲٤٤٥	۱۰۰۰۷۱	۱/٦۰٤٤
DMU4	٦۲/٤۲٦	۷۱۷۷٦	۰/۳۲۰۰	۱۳۰۹٦٤	۲/۰۹۹۷
DMU5	٦۰/۸٤۸	۱۰۰۳۲٤	۰/٤٤۷۳	۱۸۳۰٥۲	۲/۹۳٤۸
DMU6	٦۳/٦۷۳	۱۷۰٤۰٤	۰/۷٥۹۸	۳۱۰۹۲۲	٤/۹۸٤۸
DMU7	٥۸/٥۷۱	۱۸٦۷٦٦	۰/۸۳۲۷	۳٤۰۷۷٥	٥/٤٦۳٤
DMU8	٦۰/۱۱٦	۱٤۷۰۳۲	۰/٦٥٥٦	۲٦۸۲۷٦	٤/۳۰۱۱
DMU9	٥۹/۱۱۸	۱۱۷۲۹۱	۰/٥۲۳۰	۲۱٤۰۱۰	۳/٤۳۱۱
DMU10	٥٦/٥٦۲	۳۲۷٤۹۲	۱/٤٦۰۲	٥۹۷٥٤٥	۹/٥۸۰۰
DMU11	٥۷/۳٦٦	۲۹۹٤۰٥	۱/۳۳٥۰	٥٤٦۲۹۸	۸/۷٥۸٤
DMU12	٥۹/٦۹۳	۱٦۸۰٦۹	۰/۷٤۹٤	۳۰٦٦٦۱	٤/۹۱٦٥
DMU13	٤۸/٥۷۱	٥۹۳۹٥	۰/۲٦٤۸	۱۰۸۳۷۲	۱/۷۳۷٥
DMU14	٥۰/۳۳۳	٦۰۰۱٦	۰/۲٦۷٦	۱۰۹٥۰٥	۱/۷٥٥٦
DMU15	٥۱/۲۲۲	۸۲۹۸٦	۰/۳۷۰۰	۱٥۱٤۱۷	۲/٤۲۷٦
DMU16	٤٤/۱٥۸	٦۸۹۱۹	۰/۳۰۷۳	۱۲٥۷٥۰	۲/۰۱٦۱
DMU17	٥٥/۷۱٤	۱٤۲۸۸۰	۰/٦۳۷۱	۲٦۰۷۰۰	٤/۱۷۹٦
DMU18	٥۷/٥٦۲	۲۰۸۰٤۷	۰/۹۲۷٦	۳۷۹٦۰٤	٦/۰۸٥۹
DMU19	٥۸/٦٦۲	۱٦۰۳٤۳	۰/۷۱٤۹	۲۹۲٥٦٤	٤/٦۹۰٥
DMU20	٥۱/۷٥	۹۱۲٤٦	۰/٤۰٦۸	۱٦٦٤۸۹	۲/٦٦۹۲
DMU21	٥٤/۸٥۲	۲۰٥۳٤۰	۰/۹۱٥٦	۳۷٤٦٦٦	٦/۰۰٦۸
DMU22	٥٥/۷۱٤	۱۱۸۷٦۸	۰/٥۲۹٦	۲۱٦۷۰٤	۳/٤۷٤۳
مجموع	**۱۲٤۸/٥۳۲**	**۲۹٦۳۷٥٥**	**۱۳/۲۱٤٦**	**٥٤۰۷٦۹۷**	**۸٦/٦۹۸۱**

حال با تکنیک DEA و روش غیر شعاعی مدل SBM به بررسی کارایی ۲۲ واحد تصمیم‌گیری این شرکت می‌پردازیم که در جدول (۴) آورده شده است. جهت بررسی کارایی از نرم‌افزار GAMS بهره می گیریم.

جدول (٤) : نتایج حاصل از کاربست SBM در نرم افزار GAMS

DMUs	ρ^*	s_1	s_2	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
DMU1	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU2	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU3	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU4	۰/۷۹	۳٦/۸۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/٥٤	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU5	۰/٦۹	۷۱/۱۸	۰/۰۰	۱۳/٦۸	۰/۰٥	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU6	۰/٦۱	۱۱۰/۰۸	۰/۰۰	٦۳/۱۰	۰/٦۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU7	۰/۷۸	۳/۸٤	۰/۰۰	۷٥/۳۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU8	۰/۸۷	۳/۷۸	۰/۰۰	۳۸/۳٤	۱/٤۰	۰/۰۰	۱/۸۰	۰/۰۰
DMU9	۰/۹٤	۳/٥۱	۰/۰۰	۱۰/۱۲	۱/٦٤	۰/۰۰	۲/٦۰	۰/۰۰
DMU10	۰/٥۸	٥/۸۹	۰/۰۰	۱۹۷/۳٤	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU11	۰/٦۱	۹/۹۱	۰/۰۰	۱٦۷/٥۲	۰/٦٦	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU12	۰/۸٤	۳/٤۷	۰/۰۰	٤۸/۸۷	۰/۷۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU13	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU14	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU15	۰/۹٤	۰/٦٥	۰/۰۰	۱٤/۱٥	۰/٤۹	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۰
DMU16	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU17	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU18	۰/۷۲	۰/۰٥	۰/۰۰	۱۰۹/۷۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU19	۰/۸۱	۱/٥٦	۰/۰۰	٦٦/۰٥	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU20	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU21	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
DMU22	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

در جدول (۴)، s_iها متغیرهای کمکی ورودی (مازاد ورودی) و t_iها متغیرهای کمکی خروجی (کمبود خروجی) را نشان می‌دهند و میزان ρ^* کارایی یا عدم کارایی واحدهای تصمیم گیرنده را نشان می‌دهد. از جدول(۴) واضح است که تعداد ۱۰ واحد از مجموع ۲۲ واحد سازمانی شرکت مورد نظر دارای نمره کارایی۱ یا کارایی ۱۰۰٪ می باشد و ۱۲ واحد هم ناکارا هستند.

دلایل عدم کارایی ۱۲ واحد باقی مانده را می توان در مازاد شاخص ورودی (تعداد کارکنان) و کمبود شاخص‌های خروجی (جریان پذیری اطلاعات، افزایش در نرخ سودآوری مالی و ارزش کسب شده) دانست.

همانگونه از شواهد پیداست شاخص ورودی تعداد کارکنان، در همه‌ی واحدهای ناکارای این شرکت دارای مازاد است. یعنی تعداد کارکنان این واحدها از حد مجاز تعریف شده برای آنها بیشتر می‌باشد. به طور مثال DMU6 برای افزایش میزان کارایی باید تعداد زیادی از کارکنان

خود را از دست دهد، زیرا عدد مازاد کارایی برای این واحد ۱۱۰/۰۸ می‌باشد در حالیکه DMU18 با مازاد ۰/۰۵ با اندکی تعدیل در نیروهای خود می‌تواند به کارایی نزدیک شود.

این موارد در مورد خروجی‌های پژوهش نیز صدق می‌کند، به طور مثال شاخص خروجی جریان‌پذیری اطلاعات در همه‌ی واحدهای ناکارای سازمان به عنوان یک کمبود دیده می‌شود و این نشان دهنده‌ی ضعف در سیستم اطلاعاتی سازمان می‌باشد و بدان معناست که میزان جریان پذیری اطلاعات در بین طبقات سازمانی بسیار ضعیف است و واحدهای سطح پایین‌تر امکان استفاده و آگاهی به روز از اطلاعات و تصمیمات مدیران طبقه‌ی بالای سازمان را ندارند، که این خود تاثیر به سزایی در میزان ناکارایی واحدهای مذکور دارد.

در این مرحله مقادیر ورودی و خروجی بدست آمده از روش BSC (چهار بعد مشتری، مالی، رشد و یادگیری و فرآیندهای داخلی) با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم پس از انتشار خطا مورد بررسی قرار داده و مقدار کارایی حاصل را از روش ANN-DEA بدست می‌آوریم که در جدول (۴) آورده شده است:

جدول (۵) : نتایج حاصل از مدل ANN-DEA

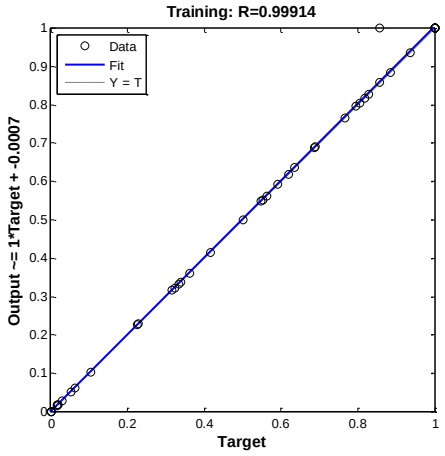
کارایی حاصل از روش ANN-DEA			
DMU1	۱	DMU12	۰،٦۱۹۰
DMU2	۱	DMU13	۱
DMU3	۱	DMU14	۱
DMU4	۰،۵	DMU15	۰،۸۵۷۱
DMU5	۰،۲٦۱۹	DMU16	۱
DMU6	۰،۰۷۱٤	DMU17	۱
DMU7	۰،٤۷٦۲	DMU18	۰،۳۳۳۳
DMU8	۰،٦۹۰۵	DMU19	۰،۵٤۷٦
DMU9	۰،۸۵۷۱	DMU20	۱
DMU10	۰	DMU21	۱
DMU11	۰،۰۷۱٤	DMU22	۱

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول شماره (۵) ، واحدهای ۱، ۲، ۳، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ واحدهای کارا با حداکثر کارایی ۱۰۰٪ هستند.در جدول شماره (۶) به مقایسه دو روش DEA و ANN_DEA می‌پردازیم:

جدول (٦) : مقایسه کارایی از دو روش DEA و ANN-DEA

مقایسه کارایی از دو روش DEA و ANN-DEA					
DMU	DEA	ANN_DEA	DMU	DEA	ANN_DEA
DMU1	۱	۱	DMU12	۰،۸۳	۰،٦۱۹۰
DMU2	۱	۱	DMU13	۱	۱
DMU3	۱	۱	DMU14	۱	۱
DMU4	۰،۷۹	۰،۵	DMU15	۰،۹٤	۰،۸۵۷۱
DMU5	۰،٦۹	۰،۲٦۱۹	DMU16	۱	۱
DMU6	۰،٦۱	۰،۰۷۱٤	DMU17	۱	۱
DMU7	۰،۷۸	۰،٤۷٦۲	DMU18	۰،۷۲	۰،۳۳۳۳
DMU8	۰،۸۷	۰،٦۹۰۵	DMU19	۰،۸۱	۰،۵٤۷٦
DMU9	۰،۹٤	۰،۸۵۷۱	DMU20	۱	۱
DMU10	۰،۵۸	۰	DMU21	۱	۱
DMU11	۰،٦۱	۰،۰۷۱٤	DMU22	۱	۱

نتایج بدست آمده از جدول (۶) ، مقادیر کارایی دو روش DEA وANN-DEA تقریباً سازگارند، که در شکل (۷) شان داده شده است.



شکل (۷) : خروجی روش ANN-DEA

مقدار R در شکل (۷) ، نشان دهنده‌ی سازگاری این روش با مقدار کارایی حاصل از روش DEA می‌باشد.

٦- نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای بدست آوردن میزان کارایی، ابتدا از روش DEA-BSC به بررسی کارایی ۲۲ واحد از یک شرکت خصوصی پرداختیم. در این محاسبه تعداد ۱۰ واحد از ۲۲ واحد سازمانی کارای ۱۰۰٪ شدند. در مرحله‌ی بعد داده‌های بدست آمده از روش BSC را با استفاده از شبکه عصبی پس انتشار (BP) و با استفاده از تلفیق دو روش ANN-DEA مورد بررسی قرار دادیم که نتایج بدست آمده از این روش با نتایج روشDEA-BSC سازگار بودند.که البته سرعت حل مسله در روش ANN-DEA به مراتب بالاتر از روش DEA-BSC بوده و می‌توان از این روش و الگوریتم آموزش دیده‌اش به عنوان یک الگو برای بررسی کارایی واحدها در سال‌های آینده و یا حتی برای بررسی کارایی واحدهای تازه ایجاد شده استفاده کرد.

۶-۱- پیشنهادها

براساس نتایج حاصل از مدل DEA-BSC و ANN-DEA می‌توان با معرفی واحد الگو به هر یک از واحدهای ناکارا و مسئولان اجرایی، جهت افزایش کارایی و عملکرد بهینه واحد ناکارا برنامه‌ریزی کنند. همچنین

سازمان می‌تواند با تعدیل نیرو در واحدهای ناکارا و افزایش سطح جریان‌پذیری اطلاعات و ایجاد امکان ارتباطات بهتر و نزدیک بین طبقات مختلف سازمانی، کارایی سازمان را افزایش دهد. از آنجایی که افزایش سهم بازار در بعد مشتری برای سازمان بسیار حائز اهمیت بوده و به عنوان یکی از استراتژی‌های پیش روی سازمان نیز مطرح می‌باشد، لذا مسئولان شرکت مورد بررسی در این پژوهش می‌بایست در هنگام سیاست گذاری‌های خویش به این مهم توجه داشته باشند، زیرا بهبود در دستیابی و افزایش سهم بازار باعث بهبود در میزان کارایی و افزایش سود شرکت می‌شود.

منابع و ماخذ

[1] Alam Tabriz, A., Zandieh, M., Mohammad Rahimi, A., (2013), **Metabolic Algorithms in Combined Optimization**, Eshraki Publications, Third Edition, pp. 57-110.

[2] Alirezaei, Al., MirHassaini, SA., Khalili, M., Keshvari, A., (2005), **DEA-Based Comprehensive Organization Productivity System, BSC**, Academic Jihad Faculty of Management University of Tehran, Proceedings of the Second National Conference on Performance Management.

[3] Bauer, P.W., (1990), **Recent Developments in the Econometric of Frontiers**, Journal of Econometrics, Vol.46, pp. 39-56.

[4] Basso, A., Francesco, C. St., Funari, S., (2018), **How well is the Museum Performing? A Joint use of DEA and BSC to Measure the Performance of Museums,** Omega, Vol.81, Issue.10, pp.67-84.

[5] Bernardo, M., Madeira de Souza, M, A., Lopes, R. S. M., Rodrigues, L. F.,(2020), **University library performance Management: Applying Zero-sum Gains DEA Models to Resource Allocation**, Socio-Economic Planning Sciences, Article in press.

[6] Celebi, D., Bayraktar, D., (2008), **An Integrated Neural Network and Data Envelopment Analysis for Supplier Evaluation Under Incomplete Information**, Expert Systems with Applications: An International Journal,,Vol 35,No.4,pp.1698-1710.

[7] Cooper, W., Seiford, L., Ton, C., (2013), **Data Envelopment Analysis of Models and Applications,** Translated by Dr. Seyed Ali Seyyed Hosseini, Amirkabir University of Technology Press, pp. 31-155.

[8] Karathanos, D., Karathanos, P., (2005), **Applying the Balanced Scorecard to education, Journal of Education for Business**, Vol 15,No.3,pp.222-230.

[9] Kaplan, R. S., Norton, D.P., (2001), **The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Competitive Environment, -Boston,** HBS Press,Vol.15,Issur.2,pp.147-160.

[10] Kaplan, R.S., Norton, D.P., (1996b), **Translating Strategy into Action: The Balanced Scorecard**, Harvard Business School Press, and Boston.

[11] Karamali, L., Memariani, A., Jahanshahloo, G.R, (2013), **ANN-DEA Integrated Approach for Sensitivity Analysis in Efficiency Models**, Iranian Journal of Operation Research, Vol4, issue.1, pp.14-24.

[12] Jahanshahlou. Gh., Hassanzadeh Lotfi, F., Nikomaram, H., (2010), **Data Envelopment Analysis and Its Applications**, University of Science and Research Publications.

[13] Menhaj, M.B., (1384), F**oundation of Neural Networks, Vol.1, Amirkabir Industrial University pres**s, third edition, Tehran.

[14] Modaka, M., Pathak, K., KantiGosh, K., (2019), **A BSC-ANP Approach to Organizational Outsourcing Decision Support- A Case Study**, Vol.103, Issue.4, pp.432-447.

[15] Modaka, M., Pathak, K., KantiGosh, K., (2017), **Performance Evaluation of Outsourcing Decision Using a BSC and Fuzzy AHP Approach: A case of the Indian coal Mining Organization**.Vol.52, issue.4,pp.181-191.

[16] Najafi, S., Arianjad, M., Hassanzadeh Lotfi, F., Ebn Alrasoul, S., (2008), **A Comprehensive Organizational Productivity System Using the BSC-Based DEA**, Management Quarterly (Researcher), Fifth Year, Vol,11.

[17] Niven Paul, R., (2003), **Balanced Score Card Step-By-Step For Government and Nonprofit Agencies**, John Wiley And Sons Inc, Vol.32, pp.21-33.

[18] Russell, S., Norvig, P., (2003), **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, (Third edition).

[19] Sadeghi Asgari, S., Solimsni Amiri, G., KHadvar, A., (2019), **Researching Decision**, Fifth Year, No.3.

[20] Tabarsa, GH., (1998), **Features of Efficient and Proportional Performance Evaluation System With Requirements of the Authorized Administrative and Political System**, Collection Articles of the Third Shahid Rajaee Festival, Management and Planning Organization.

[21] Wang, S., (2003), **Adaptive Non-Parametric Efficiency Frontier Analysis: A neural Network- Based Model**, Computers and Operation Research, Vol.30, pp 279-295.

[22] Wu, D., Yang, Z., Liang, L., (2005), **Using DEA-Neural Network Approach to Evaluate Branch Efficiency of a Large Canadian Bank**, Expert System with Application, Vol.15,issue.3,pp.1-8.