

ارائه مدلی ترکیبی جهت ارزیابی و پیش بینی عملکرد کارآفرینانه شرکت‌های دانش بنیان

حبیب زارع احمدآبادی^۱ | محمد محسن خدایی میدانشاه^{۲*} | فهیمه دهقانی زاده^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۲/۱۶

چکیده

در محیط رقابتی امروزی، ارزیابی عملکرد شرکت‌های دانش بنیان نه تنها برای سرمایه‌گذاران و ذینفعان بسیار ضروری است بلکه یکی از الزامات توسعه پارک‌های علم و فناوری توجه به مقوله ارزیابی عملکرد آن‌ها می‌باشد. با توجه به نقش چشمگیر شرکت‌های دانش بنیان در ارتقاء نوآوری، تولید محصولات جدید، بهبود فرایند تولید، بهره‌وری و نقش بسزای آن‌ها در توسعه اقتصادی، پرداختن به موضوع پیش‌بینی و ارزیابی عملکرد آن‌ها در راستای توسعه کارآفرینی فناورانه، می‌تواند بسیاری از آسیب‌های وارده بر حوزه عملکردی این شرکت‌ها را مشخص سازد. با توجه به مطالب ذکر شده مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد و تعیین عوامل مؤثر بر آن در ۳۰ شرکت دانش بنیان فعال در زمینه فناوری اطلاعات مستقر در پارک علم و فناوری شهرستان یزد انجام گرفته است. بدین منظور در این پژوهش ابتدا با بررسی حوزه تحقیق و توسعه شرکت‌ها، ۸ سنجه بر اساس اطلاعات بدست آمده از شرکت‌ها انتخاب شد. سپس کارایی شرکت‌ها در دو مرحله با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و مدل BCC خروجی محور محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی کارایی مرحله اول و دوم شرکت‌ها پیش‌بینی شد و عملکرد شبکه با استفاده از پارامترهایی مورد ارزیابی قرار گرفت. در نتیجه یازده شرکت در مرحله اول و بیست و سه شرکت در مرحله دوم بعنوان واحدهای کارا مشخص شدند. از یافته‌های پژوهش جهت ارزیابی عملکرد و پیش‌بینی روند حرکت شرکت‌های دانش بنیان حوزه فناوری اطلاعات در سال‌های آتی می‌توان بهره برد.

واژگان کلیدی:

ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها، شبکه‌های عصبی مصنوعی، شرکت‌های دانش بنیان

۱ مقدمه

امروزه رویکرد جهانی را می‌توان در حرکت کشورها به سمت اقتصاد دانش بنیان به وضوح مشاهده کرد. بر اساس نقشه جامع علمی کشور، دستیابی ایران اسلامی به جایگاه معتبر منطقه‌ای و یا جهانی در حوزه علم و فناوری به وضوح تأکید شده است. بنابراین لازم است تلاشمان را حول محور کسب توانایی و مهارت در این حوزه تقویت نماییم. این کار می‌تواند براساس ارزیابی موقعیت فناوری در کشور، استفاده حداکثری از ظرفیت‌های موجود نظیر دانشگاه‌ها، پارک‌های علم و فناوری و مراکز پژوهشی، تجارب بخش خصوصی در حوزه تجاری‌سازی دستاوردهای پژوهشی و راه‌اندازی کسب و کارهای دانش بنیان و فضای حاکم بر اقتصاد جهانی و ضرورت‌های اقتصاد ملی صورت می‌گیرد. از مهمترین ساز و کارهای اجرایی برای توسعه علم و فناوری که در کشور ما کمتر مورد توجه واقع شده است وجود مدل و الگویی برای تحلیل نقش و وضعیت مؤلفه‌های تأثیرگذار از طریق فرایند اجرای ارزیابی است (مهدوی و دیگران، ۱۳۹۰).

رشد شرکت‌ها و مؤسسات دانش بنیان در پی افزایش رشد اهمیت اقتصادی دانش به گونه‌ای که امروزه بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی، دانش‌گرا و مبتنی بر نوآوری شده‌اند، و نیز ضرورت ارزیابی عملکرد چنین شرکت‌هایی با توجه به تأثیر آن‌ها در تولید و بهره‌برداری از دانش از مهمترین دلایل اجرای این پژوهش است (رضوی و همکاران، ۱۳۹۴). این مسئله از آن جهت اهمیت دارد که با توجه به نقش چشمگیر شرکت‌های دانش بنیان در ارتقاء نوآوری، تولید محصولات جدید، بهبود فرایند تولید و بهره‌وری و نقش بسزای آن‌ها در توسعه اقتصادی پرداختن به موضوع پیش بینی و ارزیابی عملکرد این دسته از شرکت‌ها در راستای توسعه کارآفرینی فناورانه، می‌تواند بسیاری از آسیب‌های وارده بر حوزه عملکردی این شرکت‌ها را مشخص سازد. از آنجا که تبدیل ایده به ثروت در شرکت‌های دانش بنیان مستلزم پیمودن فرایندی چند مرحله‌ای است و عوامل محیطی و فردی متعددی بر موفقیت شرکت‌های دانش بنیان در این زمینه مؤثر می‌باشد، ارزیابی و پیش بینی عملکرد این

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. نویسنده مسئول - کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران Khodaei_mohsen@stu.yazd.ac.ir

۳. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

شرکت‌ها می‌تواند ضمن روشن ساختن الگوهای عملکردی مناسب به سایر شرکت‌ها، به برنامه‌ریزان توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان به‌ویژه معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و وزارت‌های علوم تحقیقات و فناوری و بهداشت و درمان و آموزش پزشکی و حتی سایر نهادهای متولی، چارچوب روشنی جهت ارزیابی و بهبود عملکرد ارائه نماید. از این رو هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر ارائه چارچوبی بر ارزیابی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در زمینه‌ی فناوری اطلاعات مستقر در پارک علم و فناوری شهرستان یزد مناسب با فرایند توسعه اقدامات کارآفرینانه فناورانه می‌باشد. از این رو می‌توان اهداف فرعی ذیل را نیز مطرح نمود:

- شناسایی نهاده‌ها و ستانده‌ها شرکت‌های دانش‌بنیان
- ارزیابی نسبی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان
- پیش‌بینی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان

۲. مبانی و چارچوب نظری

ارزیابی عملکرد، فرایند سنجش و اندازه‌گیری وضعیت موجود و تعیین نحوه‌ی دستیابی به وضعیت مطلوب با معیارهای مشخص در یک دوره زمانی معین و با هدف بهبود مستمر عملکرد سازمان می‌باشد. این مفهوم اطلاعات ضروری را جهت تصمیم‌گیری فراهم می‌کند (فیلیپس^۱، ۱۹۹۹). در عصر کنونی تحولات شگرف دانش مدیریت، وجود نظام ارزشیابی را اجتناب‌ناپذیر کرده است. به گونه‌ای که فقدان نظام ارزیابی در ابعاد مختلف سازمان اعم از ارزیابی در استفاده از منابع و امکانات، اهداف، استراتژی‌ها، مدیران و کارکنان را به عنوان یکی از علائم بیماری‌های سازمان قلمداد می‌نمایند. هر سازمان به منظور آگاهی از میزان مطلوبیت و مرغوبیت فعالیت‌های خود بالاخص در محیط‌های پیچیده و پویا نیاز مبرم به نظام ارزیابی دارد (فضلی، ۱۳۸۱). در واقع ارزیابی عملکرد یک فرایند بازنگری نظام‌مند است که به سازمان‌ها در دستیابی به اهداف تعیین شده یاری می‌رساند (ژانگ و تان^۲، ۲۰۱۲).

فخاری و همکاران (۱۳۹۲)، با توجه به شرایط اقتصادی و فناوری کشور، مؤسسات دانش‌بنیان را بدین‌گونه تعریف می‌کنند: «شرکت‌های دانش‌بنیان، مؤسسات کوچک و متوسط بخش خصوصی هستند که با هدف توسعه‌ی فناوری، تجاری سازی نوآوری‌ها و اختراعات، کاربردی کردن تحقیقات

و بومی‌سازی فناوری‌های موردنیاز کشور توسط کارشناسان خبره تشکیل می‌گردند. در این شرکت‌ها تحقیق و توسعه هسته مرکزی فعالیت‌ها بوده و مزیت اساسی این شرکت‌ها دانش فنی و توانایی‌های علمی پرسنل آن است.»

«کارآفرینی فناورانه» دو رسالت عمده را دنبال می‌کند. نخست آنکه قصد دارد با سرعت بخشیدن به روند تبدیل علوم و دانش جدید به فناوری، بتواند نیازهای جامعه را حل کند؛ دوم آنکه، به دنبال آن است که با به‌کارگیری این فناوری‌ها و کاربردها، به ایجاد یا توسعه و مدیریت بهتر سازمان‌ها بپردازد (پتی^۳، ۲۰۰۹).

کارآفرینی فناورانه از دو مفهوم «کارآفرینی» و «فناوری» تشکیل می‌شود. «فناوری» به معنای «دانش نظری و عملی، مهارت و ابزاری است که می‌تواند در ایجاد و توسعه محصولات و خدمات به کار رود». پتی (۲۰۰۹) بر اساس این دو مفهوم، کارآفرینی فناورانه را «شناسایی، کشف، و حتی خلق فرصت‌های کارآفرینانه بر مبنای توسعه‌های فناورانه» تعریف می‌کند (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۷).

۳. پیشینه پژوهش

در زمینه ارزیابی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان پژوهش‌های نسبتاً کمی صورت گرفته است که در این بخش به آن‌ها اشاره شده است.

سان^۴ (۲۰۱۱) در مقاله خود به تجزیه و تحلیل کارایی و بهره‌وری رشد شش صنعت واقع در پارک علمی تایوان طی سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۰ پرداخته است و از روش تحلیل پوششی داده‌ها^۵ به منظور تجزیه و تحلیل استفاده شده است. او در این مقاله به این نتیجه رسیده است که صنعتگران صنعتی نه تنها مهارت‌های مدیریتی بلکه باید عملکرد نوآوری خود را نیز افزایش و بهبود بخشند. دولت همچنین نقش مهمی را ایفا می‌کند که مشاغل و مصرف‌کنندگان را قادر می‌سازد با خواسته‌ها و فرصت‌های اقتصاد جدید سازگار شوند. ورودی‌های در نظر گرفته شده در این مقاله شامل مخارج تحقیق و توسعه، تعداد کارکنان و سرمایه به کار گرفته شده می‌باشد و خروجی‌ها نیز تعداد حق اختراع و فروش سالانه است. نتایج این تحلیل‌ها برخی از پیامدهای سیاستگذاری تایوان و سایر کشورهایی که با مشکلات مشابه مواجه هستند به خوبی نشان می‌دهد.

محامد^۶ (۲۰۰۹) کارایی ۸۵ بانک عربی را با استفاده از دو روش DEA و PNN (شبکه‌های عصبی احتمالی)^۷ مورد بررسی قرار داده است. این مطالعه با استفاده از یک شبکه عصبی احتمالی و یک روش طبقه‌بندی آماری سنتی برای مدل‌سازی و طبقه‌بندی بهره‌وری نسبی بانک‌های برتر عربی پرداخته است و جهت ارزیابی دقت طبقه‌بندی مدل‌ها از شاخص‌های سنجش دقت مدل استفاده شده است. نتایج نشان داده که دقت پیش‌بینی مدل‌های شبکه‌های عصبی کاملاً شبیه به روش‌های آماری سنتی است و این مدل‌ها به دلیل استحکام و انعطاف‌پذیری الگوریتم‌های مدل‌سازیشان، از ظرفیت بالایی برای طبقه‌بندی کارایی نسبی بانکها برخوردار هستند. در نهایت این پژوهش از منظر سیاسی اهمیت اقتصادی تشویق به افزایش بهره‌وری در صنعت بانکی در جهان عرب را برجسته می‌کند.

دویگان فئی و پاسیوراس^۸ (۲۰۰۹) با بررسی ۱۷۹ مقاله که بین سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۸ منتشر شده‌اند، مروری جامع بر کاربردهای تکنیک‌های تحقیق در عملیات و هوش مصنوعی در ارزیابی عملکرد بانک انجام داده است. قسمت عمده مقاله به کاربردهای تحلیل پوششی داده‌ها اختصاص دارد. کاربرد تکنیک‌های دیگری مثل شبکه‌های عصبی، SVM^۹ و تصمیم‌گیری چند معیاره که در سال‌های اخیر در زمینه پیش‌بینی شکست بانکی و ارزیابی اعتبار بانکی و عدم کارایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند مطرح شده است و مورد بحث قرار گرفته است.

وو، یانگ و لیانگ^{۱۰} (۲۰۰۶) از ترکیب دو روش DEA^{۱۱} و ANN^{۱۲} جهت سنجش کارایی ۱۴۲ شعبه یک بانک کانادایی استفاده کرده و نتیجه آن را با DEA معمولی مقایسه نموده است. همچنین ANN برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت کارایی مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش از مدل CCR^{۱۳} ورودی محور استفاده شده است. در نهایت راهنمایی‌هایی در خصوص چگونگی بهبود عملکرد شعبه‌ها ارائه شده است. چان و لائو^{۱۴} (۲۰۰۵) با استفاده از داده‌های توسعه کسب‌وکار شش مرکز رشد فناوری آغاز به کار کرده در پارک علم و فناوری هنگ‌کنگ، چارچوبی به منظور اثربخشی مراکز رشد از جنبه‌های ایجاد سرمایه‌گذاری و فرایند توسعه ارائه دادند. آن‌ها در این مقاله به این نتیجه رسیدند که جهت پاسخگویی به نیاز شرکت‌های فناوری در مراحل توسعه خود بایستی

خدمات و حمایت از مراکز رشد مطابق با فرایند توسعه شرکت‌های فناوری اولویت‌بندی شود. نحوه جمع‌آوری داده‌ها در این مقاله بر اساس روش مطالعه موردی می‌باشد. ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های تولیدکننده نرم‌افزار به‌عنوان مجموعه‌ای از شرکت‌های دانش‌بنیان و مقایسه آن‌ها با توجه به نامشخص بودن فرایندهای درونی و مراحل مشترک بین آن‌ها و نادیده انگاشتن این فرایندها به‌وسیله مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها و نیز چگونگی در نظر گرفتن این فرایندها در محاسبه کارایی از مسائلی هستند که مقاله رضوی و همکاران (۱۳۹۴) به آن‌ها پرداخته است. هدف تعیین مراحل و فرایندهای درونی مشترک اجرای فعالیت‌های نوآورانه در این شرکت‌ها و سنجش کارایی مراحل و کارایی کل هر شرکت در یک دوره چهارساله است. از بررسی ادبیات و مصاحبه با خبرگان مشخص شد که همه شرکت‌ها دارای دو مرحله متوالی تولید دانش و بهره‌برداری از آن هستند ایشان برای تعیین کارایی کل و مراحل، از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای - رویکرد نظریه بازی استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد کارایی کل همه شرکت‌ها کمتر از یک است و در مرحله اول فقط دو شرکت از سی و هشت شرکت بررسی شده و در مرحله دوم فقط سه شرکت کاملاً کارا هستند.

عزیزی (۱۳۹۱) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد ۳۳ شرکت فناوری مستقر در پارک علم و فناوری یزد با استفاده از ترکیب دو روش تحلیل پوششی و شش سیگما پرداخته است. در این پژوهش به دلیل قدرت رویکرد سیستمی چرخه‌ی DMAIC^{۱۵} شش سیگما، رویه‌های اجرایی DEA با هر کدام از مراحل این چرخه ترکیب شده است. به منظور تسهیل در فرایند DEA جهت ارزیابی عملکرد شرکت‌ها از ابزارهای مناسب شش سیگما در مراحل چرخه‌ی DMAIC استفاده شده است. نتایج حاصل از این پژوهش به مدیران شرکت‌های پارک علم و فناوری در شناسایی شرکت‌های کارا و ناکارا و ورودی و خروجی‌های مؤثر در ارزیابی عملکرد آن‌ها کمک کرده است. همچنین با توجه به تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در زمینه ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، چگونگی دستیابی شرکت‌های ناکارا به سطح کارایی مشخص شده است.

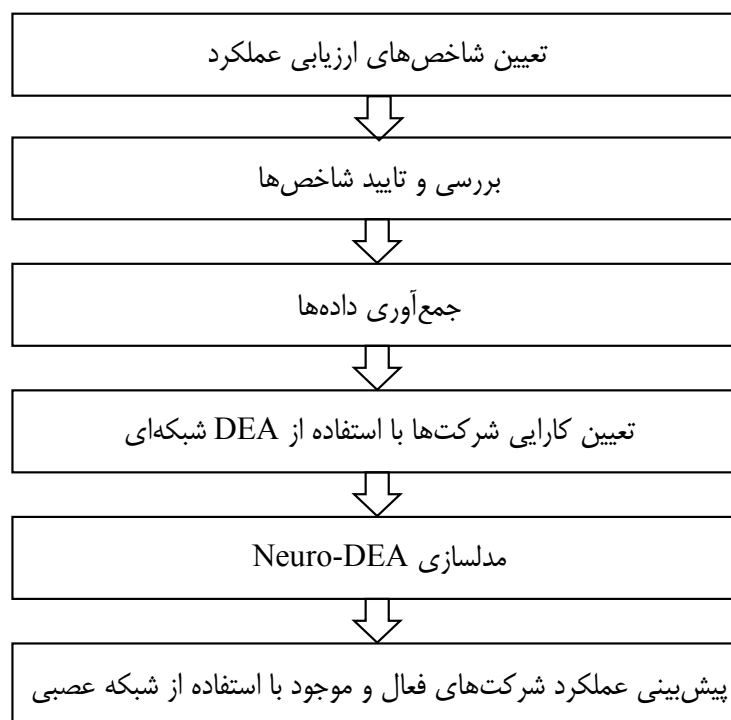
اجلی و صفری (۱۳۹۰) به این نتیجه رسیدند یکی از

عمده‌ترین مشکلات استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، ضعف قدرت تفکیک‌پذیری برای واحدهای تصمیم‌گیرنده است. این مساله اغلب به دلیل کم بودن تعداد واحدها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های مدل است. این مشکل در ارزیابی عملکرد ۲۳ شرکت گاز استانی با توجه به تعداد زیاد ورودی‌ها و خروجی‌های هر شرکت گاز به خوبی خود را نمایان می‌کند. بر این اساس، در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد و کارایی شرکت‌های گاز استانی، ابتدا رویکرد یا مدل مضربی CCR ورودی‌محور و روش اندرسون-پیترسون برای رتبه‌بندی واحدهای کارا در قالب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و ضعف مدل‌ها از نظر محاسبه و تفکیک کارایی شرکت‌ها مشخص شد. در ادامه پژوهش، برای تحلیل و ارزیابی کارایی شرکت‌ها از رویکرد شبکه‌های عصبی پیش‌بینی‌کننده عملکرد در قالب مدل‌های ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج تحلیلی کارآیی محاسبه شده واحدها با استفاده از این مدل‌ها نشان از قدرت بالای شبکه در محاسبه و

تفکیک‌پذیری شرکت‌ها از نظر کارآیی بود. یکی از شاخص‌های تعیین میزان موفقیت پارک‌های علم و فناوری، سنجش وضعیت عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان مستقر در پارک‌هاست. بهترین شیوه برای تحقق این موضوع، بالا بردن مهارت‌های مورد نیاز در مدیران پارک‌های فناوری به کمک پیاده‌سازی سیستم‌های ارزیابی عملکرد واقع بینانه و عملیاتی در این حوزه است. مهدوی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای الگوی ارزیابی و مدل سنجش کارایی و عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان را که بیشتر در بعد دانش‌ضمنی بدست آمده است در قالب انتقال تجارب چند ساله شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان و با هدف بومی‌سازی فرایندهای اجرایی منطبق با ساختارهای فرهنگی و اجتماعی کشور، مورد کنکاش و بررسی قرار دادند.

۴. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش دارای چندین مرحله می‌باشد که در شکل ۱ ارائه شده است:



شکل ۱. مراحل اجرایی تحقیق

در گام اول با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در حوزه تحقیق و توسعه شرکت‌ها و همچنین توسعه اقدامات کارآفرینانه، فهرستی از شناسایی نهاده‌ها و ستانده‌های عملکردی تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان در توسعه اقدامات کارآفرینی بر اساس ادبیات تحقیق و مصاحبه تهیه می‌شود. در گام دوم پس از بررسی و تأیید شاخص‌ها از طریق مصاحبه با خبرگان، شاخص‌های اصلی شناسایی و تأیید می‌شوند. در گام سوم جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شاخص‌های کمی و سنجش شاخص‌های کیفی از طریق پرسش‌نامه صورت می‌گیرد. در گام بعدی (۴) شاخص‌های جمع‌آوری شده به‌عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل شبکه‌ای پوششی داده‌ها قرار می‌گیرند و کارایی شرکت‌ها محاسبه می‌شود. این ارزیابی عملکرد بر اساس مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای صورت می‌گیرد. در نهایت مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت تبیین الگوهای عملکردی شرکت‌های دانش‌بنیان طراحی می‌شود (مدل‌سازی¹⁶ Neuro-DEA) و عملکرد شرکت‌های فعال در حوزه فناوری اطلاعات در مرحله اول و دوم را که پیش از این مرحله توسط تکنیک DEA شبکه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته بوده‌اند را پیش‌بینی می‌نماید. در این مدل دو دسته داده آموزش و آزمون انتخاب می‌شوند. ابتدا شبکه با استفاده از داده‌های آموزش، آموزش می‌بیند و سپس به پیش‌بینی داده‌های آزمون می‌پردازد که در نهایت منجر به پیش‌بینی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان می‌شود.

پژوهش حاضر از منظر هدف کاربردی، از حیث شیوه گردآوری داده‌ها میدانی و از نظر میزان کنترل متغیرها، توصیفی است. همچنین ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسش‌نامه، مصاحبه و پایگاه‌های اطلاعاتی نهادهای متولی از جمله دانشگاه‌ها، پارک علم و فناوری و بنیاد نخبگان استان یزد می‌باشد. مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای با استفاده از نرم افزار DEA-Solver حل گردید و به منظور پیش‌بینی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان از تحلیل شبکه عصبی در نرم افزار SPSS 19 استفاده شد. و این پژوهش برای ۳۰ شرکت دانش‌بنیان فعال در حوزه IT اجرا شده است.

۱-۴ تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

مدل‌های DEA شبکه‌ای، کارایی کلی سازمان و کارایی هر کدام از زیرفرایندهای یک سازمان را اندازه‌گیری می‌کند. علاوه

بر این اجازه می‌دهد تا کارایی کلی با استفاده از ارتباطات ریاضی بین کارایی سازمان و کارایی فرایندها تجزیه شود. در مدل‌های DEA شبکه‌ای، به جای ساختار سلسله مراتبی فعالیت‌ها، از ساختار شبکه‌ای کمک گرفته شده است (هسیته و لین^{۱۷}، ۲۰۱۰).

بر اساس تحقیق کوک در سال ۲۰۱۰، چند نمونه از مدل‌های مختلف تعاملات بین فرایندهای^{۱۸} DMU، به صورت زیر می‌باشد:

(۱) DMU چند مرحله‌ای با فرایندهای متوالی
 (۲) DMU چند مرحله‌ای با فرایندهای موازی
 (۳) DMU چند مرحله‌ای به گونه‌ای که خروجی هر مرحله ممکن است به مرحله ما بعدش وارد نشود و به سایر مراحل وارد شود (کوک^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۰).

در این پژوهش مدل چند مرحله‌ای با فرایندهای متوالی از میان انواع مدل‌های تعامل بین واحدهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است. انتخاب ماهیت مدل نیز، بستگی به میزان کنترلی دارد که مدیریت یک واحد تصمیم‌گیری می‌تواند بر روی داده‌ها و ستانده‌ها اعمال کند. در این پژوهش، از مدل BCC²⁰ خروجی محور برای ارزیابی کارایی شرکت‌های دانش‌بنیان استفاده شده است؛ زیرا از آن‌جا که هدف از انجام این پژوهش، ارائه پیشنهاد برای بهبود توسعه اقدامات کارآفرینانه به عنوان خروجی نهایی مدل و مرحله دوم می‌باشد و همچنین به نظر می‌رسد مدیریت، توان اعمال کنترل بیشتری بر روی ستانده‌ها نسبت به داده‌ها دارد و از طرف دیگر افزایش در میزان خروجی‌ها نسبت به کاهش ورودی‌ها از اهمیت بالاتری برخوردار است. مدل به‌کارگرفته شده از نوع خروجی محور تعیین گردید. در توجیه متغیر بودن، می‌توان به این نکته اشاره کرد که در این پژوهش افزایش ورودی به همان نسبت خروجی را تغییر نمی‌دهد. از طرفی، نمی‌توان روند بازدهی را افزایش یا کاهش دانست چرا که این موضوع به شرایط و محیط حاکم بر عملکرد شرکت‌ها وابسته است.

۲-۴ شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از دقیق‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های پیش‌بینی می‌باشند که کاربردهای مفیدی در پیش‌بینی مسائل اجتماعی، اقتصادی، مهندسی، مبادلات

خارجی، سهام و غیره دارند. شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای چند ویژگی متمایز می‌باشند که آن‌ها را در زمینه پیش‌بینی، ارزشمند و جذاب می‌نماید. اول اینکه برخلاف روش‌های سنتی در شبکه‌های عصبی پیش‌فرض‌های کمی درباره مدل مسئله تحت بررسی وجود دارد. دوم اینکه شبکه‌های عصبی قابلیت تعمیم‌دهی دارند. بعد از یادگیری داده‌های موردنظر (یک نمونه) شبکه‌های عصبی در اکثر مواقع می‌توانند بخش مشاهده نشده یک جمعیت را حتی اگر داده‌های نمونه شامل اطلاعات ناقص باشند به درستی استنتاج نمایند. سوم اینکه شبکه‌های عصبی می‌توانند هر تابع پیوسته‌ای را با دقت مورد نظر تقریب بزنند و نهایتاً اینکه شبکه‌های عصبی غیرخطی می‌باشند و این درحالی است که سیستم‌های دنیای واقعی نیز اغلب غیر خطی هستند (خاشعی و بیجاری، ۲۰۱۰).

به منظور طراحی شبکه‌ی عصبی مصنوعی، مراحل زیر انجام می‌شود:

مرحله اول: جمع‌آوری داده

به منظور یکسان کردن ارزش داده‌ها برای شبکه، عمل نرمال‌سازی صورت می‌گیرد. نرمال‌سازی مانع از کوچک شدن بیش از حد وزن‌ها و سبب جلوگیری از اشباع زودهنگام نرون‌ها می‌شود. از یک روش معمول که معمولاً ضریب تقریب‌ساز جهانی نامیده می‌شود به صورت رابطه ۱ استفاده می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹).

$$X_{normal} = 0.5 \times \left[\frac{X - \bar{X}}{X_{max} - X_{min}} \right] + 0.5 \quad \text{رابطه (۱)}$$

مرحله دوم: انتخاب دودسته داده‌ی آموزش، اعتبارسنجی و آزمون برای انواع مدل‌های مورد استفاده به منظور آموزش صحیح شبکه و جلوگیری از مشکلاتی از قبیل اشباع شدن شبکه و وجود وزن‌های بی‌معنی، باید حجم مناسبی از داده‌ها را به مراحل اصلی شبکه اختصاص داد. یک تقسیم‌بندی معمول عبارت است از اختصاص دادن ۲۰ درصد داده‌ها برای اعتبارسنجی، ۱۰ درصد برای تست و ۷۰ درصد برای آموزش شبکه. البته در مواردی می‌توان به صورت تجربی و با تغییر دادن این نسبت‌ها، نتایج بهتری به دست آورد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹).

مرحله سوم: مدل‌سازی و محاسبه کارایی تمام واحدها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

مرحله چهارم: ارزیابی مدل

به منظور ارزیابی عملکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی در این پژوهش از پارامترهای میانگین مربعات خطا^{۲۱} (رابطه ۲)، میانگین قدر مطلق خطا^{۲۲} (رابطه ۳) استفاده می‌شود. از ضریب همبستگی نیز به منظور برآورد تناسب میان خروجی شبکه با خروجی مطلوب یا موردانتظار استفاده می‌شود.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_0 - Z_p)^2}{n} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$MAE = \frac{\left| \sum_{i=1}^n (Z_0 - Z_p) \right|}{n} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن‌ها، Z_0 مقادیر پیش‌بینی شده، Z_p مقادیر مشاهداتی و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

از ضریب همبستگی نیز به منظور برآورد تناسب میان خروجی شبکه با خروجی مطلوب یا موردانتظار استفاده می‌شود. بنابر تعریف، ضریب همبستگی r میان خروجی شبکه X و خروجی مطلوب d عبارت است از (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$r = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X})(d_i - \bar{d})}{\sqrt{\sum_i (d_i - \bar{d})^2} \sqrt{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

خروجی با وجود ابعاد بسیار مطلوب شبکه‌های عصبی، ایجاد یک شبکه‌ی خوب برای یک کاربرد خاص بسیار مهم است. ایجاد یک شبکه‌ی مطلوب، انتخاب یک معماری مناسب، تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها در هر لایه و ارتباط‌های بین واحدها، انتخاب توابع تبدیل، طراحی الگوریتم آموزش، انتخاب وزن‌های اولیه و به شکل خاص، قانون توقف را در بر می‌گیرد.

۴-۳ ضرورت تلفیق شبکه‌های عصبی مصنوعی و

تحلیل پوششی داده‌ها

روش‌های بسیاری برای اندازه‌گیری کارایی در تحقیقات مربوط مطرح شده است. اما در مقایسه بین تمامی مدل‌ها، DEA روش بهتری برای سازماندهی و تحلیل داده‌هاست؛ زیرا اجازه می‌دهد که کارایی در طول زمان تغییر کند و هیچ‌گونه پیش‌فرضی در مورد مرز کارایی نیاز ندارد. بنابراین بیش از سایر دیدگاه‌ها در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته است و تکنیک مناسبی برای مقایسه واحدها در

سنجش کارایی به شمار می‌آید. با این وجود مرز کارایی که از DEA حاصل شده نسبت به اغتشاشات آماری و داده‌های پرت که در اثر خطای اندازه‌گیری یا هر عامل خارجی دیگری ایجاد شود، حساس است و اگر در داده‌ها اغتشاش آماری یا داده‌ای پرت وجود داشته باشد ممکن است موجب شود تا مرز کارایی به دست آمده جابه‌جا شود و مسیر تحلیل‌های DEA را منحرف سازد. به همین علت باید در استفاده از DEA برای ارزیابی عملکرد سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده احتیاط کرد. وجود این مسئله باعث شده است که اخیراً شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان جایگزین خوبی برای برآورد مرزهای کارا جهت تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شود (وو، یانگ و لیانگ^{۲۳}، ۲۰۰۶). همچنین در بحث ارزیابی عملکرد، شبکه‌های عصبی مصنوعی یک دیدگاه نیمه پارامتریک است که همانند روش‌های ناپارامتریک، هیچ‌گونه فرض خاصی در مورد مشخصات آماری داده‌ها و شکل تابع تولید مرزی در نظر نمی‌گیرد. لیکن مرز این روش برخلاف مرز روش‌های ناپارامتریک لزوماً قطعی نیست و در نتیجه حساسیت این مرز در مقایسه با مرزهای ناپارامتریک کمتر است (صفایی قادیکلایی و زارع شاهی، ۱۳۸۸). در واقع ماهیت عملکرد شبکه‌های عصبی به دلیل قدرت یادگیری و تعمیم‌پذیری به گونه‌ای است که در برابر داده‌های پرت و اغتشاشات حاصل از اندازه‌گیری غیر دقیق داده‌ها مقاوم‌تر عمل می‌نماید (مهرگان و دیگران، ۱۳۸۸). در ضمن از شبکه‌های عصبی می‌توان برای پیش‌بینی کارایی کوتاه مدت نیز استفاده نمود (وو و یانگ، لیانگ، ۲۰۰۶). بنابراین به جهت حساس بودن DEA به داده‌های پرت و همچنین کارایی بالای شبکه عصبی در پیش‌بینی کارایی کوتاه مدت از روش تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی جهت ارزیابی کارایی و همچنین پیش‌بینی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه IT استفاده شده است.

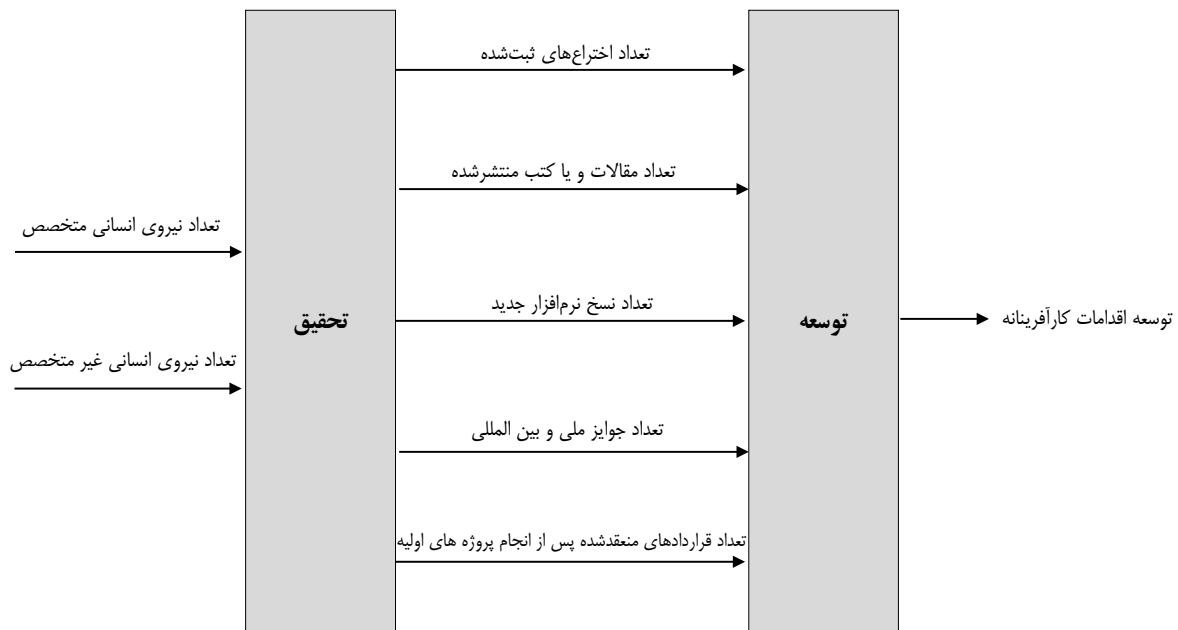
۵. یافته‌های پژوهش

پس از بررسی و مطالعه پیشینه پژوهش در حوزه عملکرد R&D شرکت‌ها و نظرسنجی از خبرگان، ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل شبکه‌ای پوششی داده‌ها شناسایی و تأیید شدند. این شاخص‌ها در قالب مدل مفهومی پژوهش (شکل ۲) آورده شده است، به طوری که شامل ۲ ورودی

مرحله تحقیق، ۵ ورودی مرحله توسعه (خروجی مرحله اول) و ۱ خروجی مرحله دوم می‌باشد. لازم به ذکر است که توسعه اقدامات کارآفرینانه خود شامل ۴ شاخص به شرح زیر است:

- توسعه پروژه‌های قبلی به شکل توسعه‌ی نرم افزار، افزایش تعداد ماژول‌ها
- ورود به عرصه‌های تحقیقاتی همراستا یا مکمل عرصه‌های پیشین
- تلفیق پروژه‌های تحقیقاتی شرکت با پروژه‌ها و فعالیت‌های تحقیقاتی سایر شرکت‌ها
- تعریف نیازهای جدید برای مشتریان با هدف پیشگامی در نیازسنجی پژوهشی

با بررسی ادبیات تحقیق و با استفاده از اطلاعات داده شده توسط مدیران شرکت‌ها مدل مفهومی شکل ۲ که به نوعی شبکه مورد استفاده در DEA را تشکیل می‌دهد، ارائه گردید.



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش

مرجع، با ترکیب واحدهای کارا، واحد مجازی ایجاد خواهد شد. ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای مجازی، ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب، جهت رسیدن واحدهای ناکارا به سطح کارایی را مشخص می‌نمایند. در حقیقت واحدهای ناکاراً با مدنظر قرار دادن واحدهای کاراً اقدام به بهبود کارایی خود می‌نمایند تا در زمره واحدهای کاراً قرار گیرند.

شرکت‌ها بر اساس کارایی محاسبه شده برای آن‌ها در مرحله اول و مرحله دوم رتبه‌بندی گردیده‌اند که نتایج مرحله اول در جدول ۱ و شکل ۳ و نتایج مرحله دوم در جدول ۲ و شکل ۴ آورده شده است. در جدول ۱ و جدول ۲ واحدهای مرجع برای واحدهای ناکارا جهت رسیدن به مرز کارایی نسبی و ضرایب هر یک از واحدهای مرجع به روش BCC خروجی محور نشان داده شده است. با توجه به ضرایب واحدهای



جدول ۱. نتایج حاصل از اجرای مدل BCC در مرحله اول

I	H	G	F	E	C	B	A	DMU
۰,۶	۰,۳	۱	۰,۰۴	۱	۱	۰,۴	۰,۱۷	میزان کارایی
۱۵	۲۰	۱	۲۹	۱	۱	۱۷	۲۵	رتبه بندی
G	W	G	W	E	C	G	O	مجموعه مرجع
۰,۲۷	۱	۱	۱	۱	۱	۰,۱۷	۰,۷۹	ضرایب واحد مرجع
R	P	O	N	M	L	K	J	DMU
۰,۲۷	۱	۱	۰,۳۸	۱	۱	۱	۰,۰۱	میزان کارایی
۲۱	۱	۱	۱۸	۱	۱	۱	۳۰	رتبه بندی
O	P	O	O	M	L	K	W	مجموعه مرجع
۱	۱	۱	۰,۸۸	۱	۱	۱	۱	ضرایب واحد مرجع
AA	Z	Y	X	W	V	T	S	DMU
۰,۸	۰,۵	۱	۰,۲۲	۱	۱	۰,۹	۰,۲	میزان کارایی
۱۳	۱۶	۱	۲۲	۱	۱	۱۲	۲۳	رتبه بندی
E	E	Y	W	W	V	L	L	مجموعه مرجع
۰,۰۰۲	۰,۰۰۴	۱	۱	۱	۱	۰,۰۰۵	۰,۲	ضرایب واحد مرجع

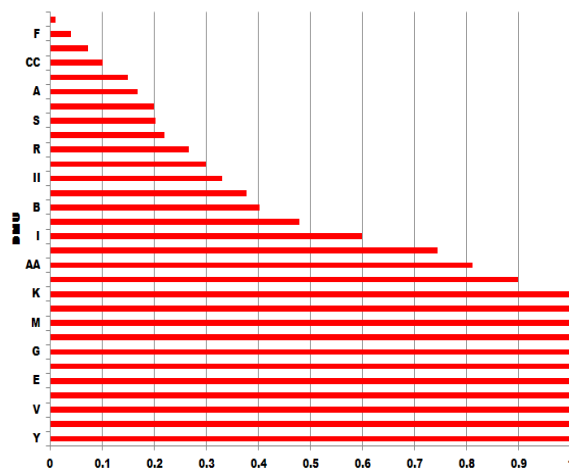
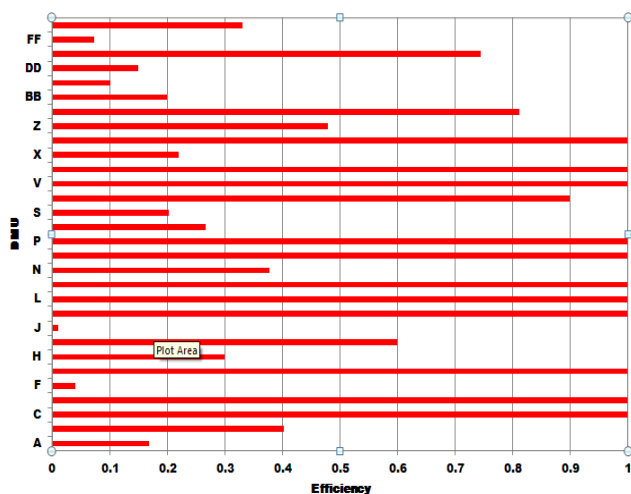
		II	FF	EE	DD	CC	BB	DMU
		۰,۳۳	۰,۰۰۷	۰,۷	۰,۱۵	۰,۱	۰,۲	میزان کارایی
		۱۹	۲۸	۱۴	۲۶	۲۷	۲۴	رتبه بندی
		G	O	E	W	C	L	مجموعه مرجع
		۰,۰۱	۰,۹	۰,۲۶	۱	۰,۴۹	۰,۵	ضرایب واحد مرجع

جدول ۲. نتایج حاصل از اجرای مدل BCC در مرحله دوم

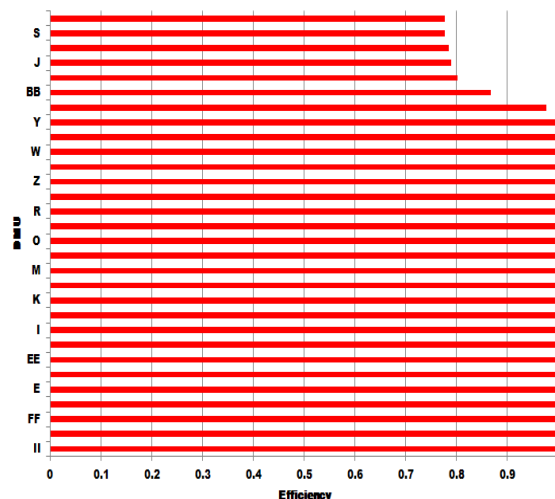
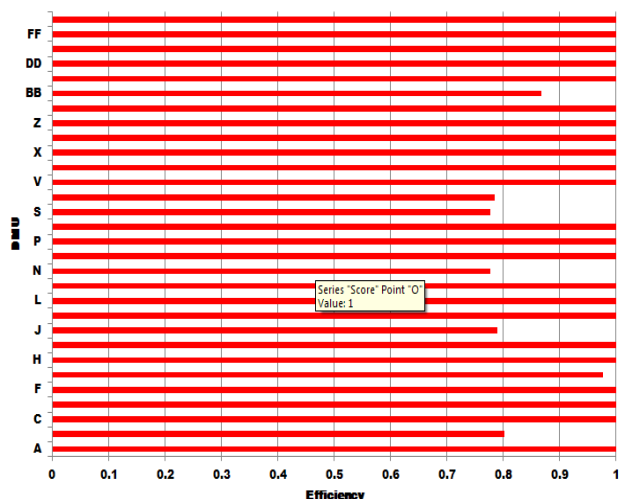
I	H	G	F	E	C	B	A	DMU
۱	۱	۰,۹۸	۱	۱	۱	۰,۸	۱	میزان کارایی
۱	۱	۲۴	۱	۱	۱	۲۶	۱	رتبه بندی
I	H	C	DD	E	C	C	A	مجموعه مرجع
۱	۱	۰,۵	۱	۱	۱	۰,۹۳	۱	ضرایب واحد مرجع
R	P	O	N	M	L	K	J	DMU
۱	۱	۱	۰,۷۸	۱	۱	۱	۰,۸	میزان کارایی
۱	۱	۱	۲۹	۱	۱	۱	۲۷	رتبه بندی
R	P	O	C	M	L	K	H	مجموعه مرجع
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰,۳۳	ضرایب واحد مرجع
AA	Z	Y	X	W	V	T	S	DMU
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰,۷۸	۰,۷۸	میزان کارایی
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲۸	۳۰	رتبه بندی
AA	Z	Y	H	W	C	C	C	مجموعه مرجع
۰,۴۷	۱	۱	۰,۳۳	۱	۱	۰,۹۵	۱	ضرایب واحد مرجع
		II	FF	EE	DD	CC	BB	DMU
		۱	۱	۱	۱	۱	۰,۸۷	میزان کارایی
		۱	۱	۱	۱	۱	۲۵	رتبه بندی
		II	C	EE	DD	CC	C	مجموعه مرجع
		۱	۱	۱	۱	۱	۱	ضرایب واحد مرجع



شکل ۳ و ۴ واحدهای ناکار را در مراحل ۱ و ۲ نشان داده‌اند.



شکل ۳. امتیازات کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در مرحله اول



شکل ۴. امتیازات کارایی واحدهای تصمیم‌گیری در مرحله دوم

گردیده است. از اطلاعات بدست آمده از شبکه عصبی به منظور پیش‌بینی رفتار حرکتی شرکت‌ها در دوره‌های مختلف استفاده خواهد گردید.

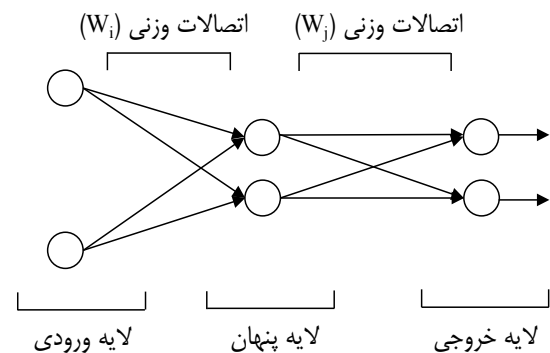
۵-۱ نتایج مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی

در طراحی مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی، در واقع باید اندازه مجموعه‌ی یادگیری و آزمایشی، نرمال کردن داده‌ها، تعداد لایه‌های پنهان شبکه، تعداد نرون‌های هر لایه، الگوریتم‌های یادگیری، تابع تبدیل، تابع عملکرد، نرخ یادگیری و تعداد تکرارها مشخص شود. در تعیین این موارد، روش‌های نظام‌مندی وجود ندارد. بنابراین بهترین طراحی شبکه

با استفاده از اطلاعات بدست آمده از شکل ۳ و ۴ و با در نظر گرفتن ارتباط میان مرحله اول و دوم بسیاری از شرکت‌ها توانستند از ناکارایی مرحله اول عبور کرده و به نوعی در پایان مرحله دوم (توسعه) در زمره شرکت‌های کارآ قرار بگیرند. افزایش کارایی مرحله دوم پژوهش نسبت به کارایی مرحله اول پژوهش به دلیل قرار گرفتن صحیح خروجی مرحله اول در فعالیت‌های مرحله دوم سازمان‌ها دارد.

با استفاده از اطلاعات موجود در هر یک از ورودی و خروجی‌های مدل اقدام به طراحی شبکه عصبی مناسب

با استفاده از تجربه و آزمایش و خطا به دست می‌آید. در صورتی که داده‌ها به صورت خام وارد شبکه‌ی عصبی شوند، به علت تغییرات زیاد داده‌ها، تأثیر متفاوتی بر شبکه گذاشته، به طوری که برخی از نرون‌ها خیلی زود به حد آتش رسیده، در حالی که برخی دیگر از نرون‌ها حتی به آستانه‌ی فعالیت نیز نرسیده‌اند و این باعث خواهد شد که توان پیش‌بینی مدل پایین آید (منه‌اج، ۱۳۷۹). شبکه عصبی به علت قدرت، انعطاف‌پذیری و سهولت استفاده‌شان، ابراز برتر در بسیاری از کاربردها مربوط به فرایندهای پیش‌بینی از طریق تحلیل داده هستند. در این مرحله بمنظور پیش‌بینی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان از تحلیل شبکه عصبی در نرم افزار SPSS استفاده شد. مدل یا روش ANN بوسیله توپولوژی شبکه، مشخصات گره و آموزش یا قوانین یادگیری مشخص شده است. این یک مجموعه ای بهم پیوسته از اوزانی که حاوی اطلاعات یا دانش تولید شده توسط مدل است. بسیاری از انواع اتصالات مورد مطالعه وجود دارد، در شکل ۳ یک نوع از شبکه که MLP چند لایه نامیده می شود نشان داده شده است. ترکیب MLP دارای سه جزء اصلی است: لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی که در شکل ذیل نشان داده شده است. (لیو و همکاران^{۱۶}، ۲۰۱۰).



شکل ۳. چارچوب ANN (X_j اشاره به ارزش‌های ورودی و Y_j اشاره به ارزش‌های خروجی دارد)

در این پژوهش، تعداد نیروی انسانی متخصص، نیروی انسانی غیرمتخصص، پتنت‌های ثبت شده، مقالات و یا کتب منتشر شده از فعالیت‌های علمی و دانشی شرکت، نسخ نرم افزار جدید طراحی و تولید شده توسط شرکت، جوایز ملی و بین‌المللی اخذ شده توسط شرکت، تکرار در قراردادهای پژوهشی به عنوان مؤلفه در لایه‌ی ورودی X_j و کارایی

مرحله اول و مرحله دوم تحلیل شبکه‌ای پوششی داده‌ها به عنوان مؤلفه در لایه‌ی خروجی Y_j سیستم ANN تعریف شده است.

با توجه به این که هر گروه از داده‌ها مستقل بوده پس برای هر گروه از داده‌ها پیش‌بینی به صورت جداگانه صورت گرفته است. یعنی برای هر یک از دو بخش تحقیق و توسعه در مدل اقدام به پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی گردیده است. با توجه به اطلاعات موجود برای هر ستون از داده‌ها تعداد ۳۰ داده وجود دارد. ابتدا از متغیر تفکیکی که معرف متغیر عددی است که هر یک از موارد موجود در مجموعه داده‌های فعال را به نمونه‌های آموزشی، آزمایش و جدا از هم نگه داشته تخصیص می‌دهد استفاده می‌کنیم بدین ترتیب مواردی که مقادیر مثبت، صفر و منفی را در متغیر تفکیک به خود اختصاص می‌دهند به ترتیب به گروه نمونه‌های آموزشی، آزمایش و جدا از هم نگه‌داشته شده اختصاص می‌یابند. مواردی که هیچ مقداری را به خود اختصاص نمی‌دهند از آنالیز کنار گذاشته می‌شوند. در ادامه فرایند پیش‌بینی را بصورت کلی در یک جدول بیان شده و با توجه به نتایج نرم افزار SPSS در تحلیل شبکه عصبی مشخص گردید که ۷۶.۶ درصد از داده‌ها (۲۳) در گروه نمونه‌های آموزش و ۲۳.۳ درصد (۷) در گروه نمونه‌های آزمون نگه‌داشته قرار گرفته‌اند. همانطور که در جدول ۳ اطلاعات مربوط به شبکه عصبی نشان داده شده است. از اطلاعات این جدول در تکمیل مدل پیش‌بینی شبکه عصبی استفاده گردیده است. تعداد هفت نرون در لایه ورودی و دو نرون در لایه خروجی و یک نرون در لایه میانی قرار گرفته است. تابع فعال‌سازی در لایه میانی از نوع تانژانت هیپربولیک و در لایه خروجی از نوع تابع همانی می‌باشد و شیوه مقیاس‌بندی مجدد متغیر وابسته به مقیاس از نوع استاندارد شده است در لایه ورودی و خروجی نحوه محاسبه خطا مجموع مربعات خطا است.

جدول ۳. اطلاعات شبکه

لایه ورودی	متغیرها	نیروی انسانی متخصص	
		نیروی انسانی غیر متخصص	
		پتنت های ثبت شده	
		مقالات و یا کتب منتشر شده از فعالیت های علمی و دانشی شرکت	
		نسخ نرم افزار جدید طراحی و تولید شده توسط شرکت	
		جوایز ملی و بین المللی اخذ شده توسط شرکت	
		قراردادهای منعقد شده پس از انجام پروژه‌های اولیه	
تعداد نوروں		۷	
تابع مقیاس سازی مجدد		استاندارد شده	
لایه میانی	تعداد لایه های پنهان		۱
	تعداد نوروں ها در لایه پنهان		۱
	تابع فعالیت		تانژانت هیپربولیک
لایه خروجی	متغیر وابسته	۱	کارایی مرحله اول
		۲	کارایی مرحله دوم
	تعداد نوروں ها		۲
	تابع مقیاس سازی مجدد		استاندارد شده
	تابع فعالیت		همانی
	تابع خطا		مجموع مربعات

یادگیری محاسباتی مشاهده نمی‌شود، در این مرحله مدل به پایان فرایند آموزش می‌رسد. همان‌طور که در جدول آمده است، خطای آزمون (۵.۶۴۲) کمتر از خطای آموزش (۱۲.۷۰۴) می‌باشد که نشان از قدرت پیش‌بینی صحیح مدل دارد.

در جدول ۴، اطلاعات مربوط به نتایج آموزش انجام شده را می‌توان مشاهده کرد. شبکه در طی فرایند خود سعی دارد میزان خطا را به کمترین مقدار خود برساند. الگوریتم محاسبه به دلیل آن که پس از تکرارهای متوالی در حل مدل ANN به مرحله‌ای می‌رسد که با وجود تکرار یادگیری تغییری در



جدول ۴. خلاصه مدل

آموزش	مجموع مربعات خطا		۱۲,۷۰۴
	میانگین خطای نسبی		۰,۵۷۷
	خطای نسبی برای متغیرهای وابسته	کارایی مرحله اول	۰,۲۰۳
		کارایی مرحله دوم	۰,۹۵۲
	قاعده توقف		گام های متوالی با عدم کاهش در خطای مدل
زمان آموزش		۰۱۶:۰۰:۰۰:۰۰	
آزمون	مجموع مربعات خطا		۵,۶۴۲
	میانگین خطای نسبی		۰,۷۸۹
	خطای نسبی برای متغیرهای وابسته	کارایی مرحله اول	۰,۰۶۵
		کارایی مرحله دوم	۱,۱۲۲

براساس مدل شبکه عصبی مصنوعی کارایی مرحله اول و دوم، پیش‌بینی شد که نتایج در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. پیش‌بینی کارایی مرحله اول و دوم توسط شبکه عصبی مصنوعی

واحد	کارایی مرحله ۱	کارایی مرحله ۲	پیش‌بینی مرحله ۱	پیش‌بینی مرحله ۲
A	۰,۱۹	۱	۰,۲۷	۰,۹۵
B	۰,۴	۰,۸	۰,۵۱	۰,۹۶
C	۱	۱	۰,۳۷	۰,۹۵
E	۱	۱	۰,۸۸	۰,۹۸
F	۰,۰۴	۱	۰,۲۲	۰,۹۵
G	۱	۰,۹۸	۰,۹۵	۰,۹۸
H	۰,۳	۱	۰,۴۷	۰,۹۶
I	۰,۶	۱	۰,۵۳	۰,۹۶
J	۰,۰۱	۰,۷۹	۰,۱۲	۰,۹۴
K	۱	۱	۰,۹۶	۰,۹۸
L	۱	۱	۱	۰,۹۹
M	۱	۱	۰,۸۹	۰,۹۸
N	۰,۳۸	۰,۷۸	۰,۳۴	۰,۹۵
O	۱	۱	۰,۹	۰,۹۸
P	۱	۱	۱,۰۳	۰,۹۹
R	۰,۲۷	۱	۰,۲۴	۰,۹۵
S	۰,۲	۰,۷۸	۰,۲۶	۰,۹۵
T	۰,۹	۰,۷۹	۰,۸۵	۰,۹۸
V	۱	۱	۱,۰۳	۰,۹۹
W	۱	۱	۱,۰۳	۰,۹۹
X	۰,۲۲	۱	۰,۳۲	۰,۹۵
Y	۱	۱	۱,۰۳	۰,۹۹
Z	۰,۴۸	۱	۰,۶	۰,۹۷
AA	۰,۸	۱	۰,۹۹	۰,۹۹
BB	۰,۲	۰,۸۷	۰,۲۳	۰,۹۵
CC	۰,۱	۱	۰,۲۱	۰,۹۵
DD	۰,۱۵	۱	۰,۱۷	۰,۹۴
EE	۰,۷۵	۱	۰,۹۲	۰,۹۸
FF	۰,۰۱	۱	۰,۱۷	۰,۹۴
II	۰,۳۳	۱	۰,۳۸	۰,۹۵

میانگین مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا استفاده شد و مقدار این پارامترها در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. مقدار میانگین مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا در مرحله اول و دوم

MAE ₂	MSE ₂	MAE ₁	MSE ₁
۰,۰۷	۰,۰۰۰۶	۰,۱	۰,۰۲۳

بر اساس یافته‌های جدول ۵ اکثر واحدهای کارا و غیر کارا که از طریق مدل DEA پژوهش شناسایی شده بودند در بخش پیش‌بینی مدل هم در وضعیت مشابهی قرار گرفتند و در مدل پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی نزدیک به مقدار کارایی واقعی شرکت‌ها قرار داشتند که نشان از درستی و دقت بالای پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده دارد. به‌منظور ارزیابی عملکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی از پارامترهای



بر اساس یافته‌های جدول ۶ مقادیر مرتبط با خطا از طریق دو مقدار خطا MAE و MSE برای هر یک از مرحله تحقیق و توسعه محاسبه گردیده است. بر اساس یافته‌های بدست آمده در مجموع مدل شبکه عصبی طراحی شده برای این پژوهش توانسته است مرحله دوم (توسعه) را با قدرت بهتر و خطای کمتری پیش‌بینی نماید.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

امروزه اهمیت سازمان‌های دانش‌بنیان، با توجه به جایگاه راهبردی آنها به عنوان یکی از عناصر مهم اقتصاد مقاومتی و نقش اساسی آن‌ها در رفع نیازهای کشور در شرایط تحریم، بسیار افزایش یافته است. از سوی دیگر سیستم ارزیابی عملکرد با الگوی مناسب به انعطاف‌پذیری برنامه‌ها و اهداف و ماموریت سازمان‌ها در محیط پویای امروز، کمک قابل توجهی می‌نماید. لذا این پژوهش به دنبال ارزیابی عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان IT واقع در پارک علمی و فناوری استان یزد است تا با استفاده از ارزیابی و عملکرد فعلی این سازمان‌ها روند عملکرد این سازمان‌ها را در آینده پیش‌بینی نماید.

در سیستم ارزیابی عملکردی این پژوهش از ابزار DEA شبکه‌ای جهت ارزیابی عملکرد تحقیق (مرحله اول) و توسعه (مرحله دوم) استفاده گردید. بدین جهت در ابتدا عوامل ورودی و خروجی به این شبکه ارزیابی عملکرد مورد شناسایی قرار گرفت. به منظور این شناسایی، پس از بررسی مطالعات گذشته در حوزه R&D شرکت‌ها و با توجه به اطلاعات ارائه شده توسط شرکت‌های مستقر در پارک علم و فناوری، نهادهای و ستاندهای مؤثر شرکت‌های دانش‌بنیان مشخص شد. سپس اقدام به جمع‌آوری اطلاعات در مورد نهادهای و ستاندهای شرکت‌های دانش‌بنیان با استفاده از ابزار پرسش‌نامه گردید. اطلاعات بدست آمده از پرسش‌نامه وارد نرم افزار DEA-Solv-ef گردید و سپس کارایی شرکت‌ها در دو مرحله با استفاده از مدل BCC خروجی محور محاسبه گردید. بر اساس یافته‌های این بخش یازده شرکت در مرحله اول و بیست و سه شرکت در مرحله دوم به عنوان واحدهای کارا مشخص شدند. نکته مهم در این بخش استفاده از مقدار بهینه خروجی‌های مرحله اول به عنوان ورودی‌های مرحله دوم مدل می‌باشد. در ادامه پژوهش به منظور پیش‌بینی رفتار و عملکرد شرکت‌ها از شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. در این بخش عوامل تعداد نیروی

انسانی متخصص، نیروی انسانی غیرمتخصص، پتنت‌های ثبت شده، مقالات و یا کتب منتشر شده از فعالیت‌های علمی و دانشی شرکت، نسخ نرم افزار جدید طراحی و تولید شده توسط شرکت، جوایز ملی و بین‌المللی اخذ شده توسط شرکت و تکرار در قراردادهای پژوهشی به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شدند و کارایی مرحله اول و دوم به عنوان خروجی برای شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شد.

بر اساس تحلیل حساسیت صورت گرفته توسط مدل تحلیل پوششی داده‌ها خروجی چهارم (تعداد جوایز ملی و بین‌المللی اخذ شده توسط شرکت) بیشترین اثر و خروجی دوم (تعداد مقالات و یا کتب منتشر شده از فعالیت‌های علمی و دانشی شرکت) کمترین اثر را روی کارایی شرکت‌ها دارد. بنابراین به واحدهای ناکارار توصیه می‌گردد با افزایش تعداد جوایز ملی و بین‌المللی اخذ شده توسط شرکت خود کارایی خود را افزایش دهند. از سوی دیگر خروجی اول (تعداد پتنت‌های ثبت شده) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای BB, S, R, N, A, II, FF, CC, خروجی سوم (تعداد نسخ نرم افزار جدید طراحی و تولید شده توسط شرکت) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای FF, EE, CC, BB, I, B, خروجی چهارم (تعداد جوایز ملی و بین‌المللی اخذ شده توسط شرکت) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای AA, Z, X, T, N, J, H, F, A, FF, DD, CC, و خروجی پنجم (تعداد قراردادهای منعقد شده پس از انجام پروژه‌های اولیه) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای II, FF, R, J, F دارند و این واحدهای ناکارار می‌توانند با افزایش آن‌ها، خود را به واحد کارا تبدیل کنند. خروجی دوم (تعداد مقالات و یا کتب منتشر شده از فعالیت‌های علمی و دانشی شرکت) تأثیری بر روی کارایی واحدهای ناکارار ندارد، لذا به شرکت‌های ناکارار توصیه می‌گردد از صرف وقت و هزینه زیاد و تمرکز بالا بر این قضیه چشم‌پوشی نمایند.

تحلیل حساسیت صورت گرفته توسط مدل تحلیل پوششی داده‌ها در مرحله دوم نشان می‌دهد که خروجی اول (اقدامات شرکت در راستای توسعه ی پروژه‌های قبلی به شکل توسعه‌ی نرم افزار، افزایش تعداد ماژول‌ها) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای BB, G, B, خروجی دوم (اقدامات شرکت در راستای ورود به عرصه‌های تحقیقاتی همراستا یا مکمل عرصه‌های پیشین شرکت) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای V, T, S, N, خروجی سوم (اقدامات شرکت

در راستای تلفیق پروژه‌های تحقیقاتی شرکت با پروژه‌ها و فعالیت‌های تحقیقاتی سایر شرکت‌های مشابه) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحد FF، و خروجی چهارم (اقدامات شرکت در راستای تعریف نیازهای جدید برای مشتریان با هدف پیشگامی در نیازسنجی پژوهشی) بیشترین تأثیر را بر روی کارایی واحدهای F, J, X, FF دارند.

۷. منابع

اجلی، مهدی؛ و صفری، حسین. (۱۳۹۰). ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل ترکیبی شبکه‌های عصبی پیش‌بینی‌کننده عملکرد و تحلیل پوششی داده‌ها (مورد مطالعه: شرکت ملی گاز ایران). نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ۴۵ (۱).

رضوانی، مهران؛ یدالهی فارسی، جهانگیر؛ و واحد وحدت‌کار، مهدی. (۱۳۸۷). طراحی مدل مفهومی کارآفرینی سازمانی فناوریانه: مطالعه موردی سیستم‌های هوشمند حمل و نقل سازمان شهرداری تهران. فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ۱۴، ۶۴-۸۷.

رضوی، سید مصطفی؛ شهریاری، سلطانه‌علی؛ و احمدپور داریانی، محمود. (۱۳۹۴). ارزیابی عملکرد نوآورانه شرکت‌های دانش‌بنیان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای- رویکرد تئوری بازی. نشریه مدیریت صنعتی، ۷ (۴)، ۷۲۱-۷۴۲.

سلطانی، سعید؛ سرداری، سروش؛ شیخ‌پور، مژگان؛ و موسوی، صفری. (۱۳۸۹). شبکه‌های عصبی مصنوعی: مبانی، کاربردها و آشنایی با نرم‌افزارهای Easy NN-plus و Neuro Solutions. تهران: انتشارات نص.

صفایی قادیکلایی، عبدالحمید؛ و زارع شاهی، علی. (۱۳۸۸). تخمین مرز کارایی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شعب بانک صادرات استان مازندران). دومین کنفرانس بین‌المللی تحقیق در عملیات ایران.

عزیزی، فاطمه. (۱۳۹۱). ارزیابی عملکرد شرکت‌های فناور مستقر در پارک علم و فناوری یزد با رویکرد تلفیقی DEA و Six Sigma، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.

فخاری، حسین؛ سلمانی، داوود؛ و دارایی، محمدرضا. (۱۳۹۲). بررسی اثرات تحریم‌های اقتصادی بر عملکرد شرکت‌های دانش‌بنیان کشور. فصلنامه علمی- پژوهشی سیاست علم و

فناوری، ۵ (۳).

فضلی، صفر. (۱۳۸۱). طراحی مدل ارزیابی عملکرد مدیر در سازمانهای دولتی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. رساله دکتری مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس.

مهدوی، حمید؛ شیخ زین الدین، محمود؛ خدابنده، لیلا. (۱۳۹۰). تحلیل اثربخشی پارک‌های علم و فناوری، فصلنامه تخصصی پارک‌ها و مراکز رشد، ۷ (۲۷).

منهاج، محمد باقر. (۱۳۷۹). مبانی هوش محاسباتی. ج ۱ و ۲، چاپ اول، تهران: نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

مهرگان، محمدرضا. (۱۳۸۵). مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها. انتشارات مدیریت دانشگاه تهران.

Chan, K. F., & Lau, T. (2005). Assessing technology incubator programs in the science park: the good, the bad and the ugly. *Technovation*, 25(10), 1215-1228.

Chen, C. J., Wu, H. L., & Lin, B. W. (2006). Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(4), 452-465.

Cook, W. D., Liang, L., & Zhu, J. (2010). Measuring performance of two-stage network structures by DEA: a review and future perspective. *Omega*, 38(6), 423-430.

Duygun-Fethi, M., & Jackson, G. (2009). Assessing bank performance with operational research and artificial intelligence techniques: a survey.

Hsieh, L. F., & Lin, L. H. (2010). A performance evaluation model for international tourist hotels in Taiwan—An application of the relational network DEA. *International Journal of Hospitality Management*, 29(1), 14-24.

Khashei, M., & Bijari, M. (2010). An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with applications*, 37(1), 479-489.

Liu, J. S., & Lu, W. M. (2010). DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance. *Omega*, 38(6), 453-464.

Mostafa, M. M. (2009). Modeling the efficiency of top Arab banks: A DEA-neural network approach. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 309-320.

Petti, C. (Ed.). (2009). *Cases in technological entrepreneurship: Converting ideas into value*. Edward Elgar Publishing.

Phillips, P. A. (1999). Performance measurement systems and hotels: a new conceptual framework. *International Journal of Hospitality Management*, 18(2), 171-182.

Sun, C. C. (2011). Evaluating and benchmarking productive performances of six industries in Taiwan Hsin Chu Industrial Science Park. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2195-2205.

Wu, D. D., Yang, Z., & Liang, L. (2006). Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank. *Expert systems with applications*, 31(1), 108-115.

Zhang, J., & Tan, W. (2012). Research on the performance evaluation of logistics enterprise based on the analytic hierarchy process. *Energy Procedia*, 14, 1618-1623.

-
1. Phillips
 2. Zhang & Tan
 3. Petti
 4. San
 5. Data envelopment analysis
 6. Mohamed
 7. Probabilistic neural networks
 8. Duygun-Fethi & Pasiouras
 9. Support Vector Machine (SVM)
 10. Wu & Yang & Liang
 11. Data Envelopment Analysis (DEA)
 12. Artificial Neural Network (ANN)
 13. Charnes, Cooper and Rhodes (CCR)
 14. Chan & Lau
 15. Define, Measure, Analyze, Improve and Control (DMAIC)
 16. Neuro Data Envelopment Analysis (Neuro-DEA)
 17. Hsieh & Lin
 18. Decision Making Unit (DMU)
 19. Cook
 20. Banker, Charners and Cooper (BCC)
 21. Mean Square Error (MSE)
 22. Mean Absolute Error (MAE)
 23. Wu & Yang & Liang
 24. Liu & et.al

