مجله علمی - پژوهشی مدیریت تولید و عملیات
دوره دوم، پیاپی(۳)، شماره (۲)، پاییز و زمستان ۱۳۹۰
تاریخ وصول: ۱۵ / ٤/ ۹۰
تاریخ پذیرش: ۲٦/ ٦/ ۹۰
صص: ٥٤-۳۷

طراحی مدلی برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

سید حبیب‌اله میرغفوری[*1]، فائزه اسدیان اردکانی[2]، زهرا صادقی آرانی[3]

۱- دانشیار دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه یزد
۳- دانشجوی دکتری مدیریت دانشگاه تهران

چکیده

شش سیگما یکی از مشهورترین نظام‌ها برای حذف ضایعات، کاهش هزینه و بهبود کیفیت در سازمان‌هاست. فرآیند ایجاد و ارزیابی پروژه‌ها، از جمله فعالیت‌های اولیه در اجرای شش سیگماست که بسیاری از محققان معتقدند به‌کارگیری موفقیت‌آمیز شش سیگما با اولویت‌بندی و انتخاب مناسب پروژه‌های شش سیگما ارتباط تنگاتنگی دارد. تحقیق حاضر با به‌کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در پردازش اطلاعات غیرخطی، مدلی را جهت انتخاب این پروژه‌ها معرفی نموده است. در این مدل، شش معیار هزینه پروژه، مدت زمان اجرای پروژه، تعداد افراد کمربند مشکی و سبز، افزایش رضایت مشتری، تأثیر بر استراتژی کسب وکار و میزان تأثیر مالی به عنوان عوامل ورودی در نظر گرفته شده و با استفاده از پرسپترون چندلایه، میزان بهره‌وری و سطح سیگمای حاصل از هر پروژه بهبود پیش‌بینی شده است. در پایان نیز با استفاده از تحلیل حساسیت تأثیر هر کدام از متغیرهای ورودی بر خروجی‌های مدل ارزیابی شده است. نتایج حاصل نشانگر این است که عوامل "تأثیر بر استراتژی کسب و کار" و "میزان تأثیر مالی" به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر خروجی‌های مدل شامل میزان بهره‌وری و سطح سیگما داشته است.

* نویسنده مسؤول: Mirghafoori@yazduni.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

واژه‌های کلیدی: شش سیگما، پروژه‌های بهبود، شبکه عصبی مصنوعی(ANN)، پرسپترون چندلایه (MLP)، تحلیل حساسیت.

مقدمه

امروزه محیط تولید و خدمت کاملاً رقابتی شده است. کارخانه‌ها به‌منظور دستیابی به مزیت رقابتی می‌کوشند تا بتوانند از سهم خود در بازار حمایت کنند؛ اما رسیدن به این هدف تنها با به‌کارگیری مفاهیم مدیریت کیفیت جامع (TQM)[1] از قبیل رضایت مشتری، هزینه کیفیت پایین (COPQ)[2] و بهبود کیفیت امکان‌پذیر است. تکنیک شش سیگما[3]، یکی از روش‌های مؤثری است که به سازمان‌ها برای به‌کارگیری مفاهیم TQM کمک می‌کند (سقایی و دیده‌خانی[4]، ۲۰۱۱). این روش به‌عنوان یکی از جدیدترین برنامه مدیریت کیفیت به سازمان در جهت افزایش رضایت مشتری و سودآوری مالی کمک کرده (زو[5] و همکاران، ۲۰۰۶) و با تمرکز بر نتایجی که از دیدگاه مشتریان دارای اهمیت است، به حذف عوامل خطا و اشتباه در فرآیندهای کسب‌وکار منجر می‌شود (آنتونی[6] و همکاران، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، شش سیگما رویکردی منطقی و نظام‌مند برای بهبود فرآیندهای استراتژیک و توسعه تولیدات و خدمات جدید است که با تکیه بر روش‌های آماری و علمی، باعث کاهش چشم‌گیری در نرخ خطاها می‌شود (زو و همکاران، ۲۰۰۶).

پروژه شش سیگما عبارت است از برنامه‌ریزی برای حل یک مشکل، که دارای مجموعه‌ای از معیارهاست؛ به طوری که می‌توانند به‌عنوان اهداف پروژه استفاده شوند و در جهت پیشرفت پروژه تحلیل شوند. لذا اجرای پروژه‌های شش سیگما می‌تواند از جهات بسیاری در سازمان مثمر ثمر واقع شود. اگر پروژه‌های شش سیگمای انتخاب شده در راستای اهداف و استراتژی‌های سازمان نباشد، سودمندی آن‌ها زیر سؤال می‌رود.

انتخاب پروژه‌ها، مهمترین و ابتدایی‌ترین فعالیت در فرآیند اجرای شش سیگما و عامل اساسی در موفقیت اولیه و بلندمدت پذیرش این روش در سازمان است (سقایی و دیده‌خانی، ۲۰۱۱). به زعم بسیاری از صاحبنظران، اولویت‌بندی و انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما تأثیری سرنوشت‌ساز در موفقیت اجرای آن دارد. تاکنون در فرآیند انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما از روش‌های مختلفی استفاده شده است. کومر[7] و همکارانش (۲۰۰۷) با تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های پروژه‌های شش سیگما، از مدل DEA برای انتخاب بهترین پروژه شش سیگما بهره برده‌اند. یانگ و حسیه[8] (۲۰۰۸) در مقاله خود از مدل AHP فازی و چائو و چیا[9] (۲۰۰۸) از ترکیب FMEA و AHP برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما استفاده کرده‌اند. در مطالعه

1. **T**otal **Q**uality **M**anagemaent (TQM)
2. **C**ost **O**f **P**oor **Q**uality (COPQ)
3. Six Sigma
4 . Saghaei & Didehkhani
5. Zhu
6. Antony
7. Kumar
8. Yang and Hsieh
9 . Chao & Chia

Archive of SID

www.SID.ir

دیگری که توسط بویوکوزان[1] و همکار (۲۰۱۰) انجام انجام شد، از ترکیب ANP و DEMATEL برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما استفاده شده است؛ هم‌چنین سقایی و دیده‌خانی از تکنیک ANP فازی برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما استفاده کرده‌اند.

پیشرفت‌های صورت گرفته در دیگر رشته‌های دانشگاهی و استفاده از روش‌های فراابتکاری مانند روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای حل مسائل پیچیده، پژوهشگران را برای استفاده از این روش‌ها در مدل‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری ترغیب کرده است. یکی از این پیشرفت‌ها در زمینه‌ی هوش مصنوعی، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)[2] هستند که به عنوان ابزار قدرتمندی در پردازش اطلاعات غیرخطی، قادر به انجام موفقیت‌آمیز اعمالی مانند تقریب توابع غیرخطی، طبقه‌بندی الگوها، تشخیص الگوها، پیش‌بینی و غیره هستند (میرغفوری و همکاران، ۱۳۸۸). حجم بالای داده‌ها و ناآگاهی از نوع رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی، نیاز به مدل مناسبی برای پیش‌بینی موفقیت پروژه‌های بهبود شش سیگما را الزامی می‌سازد. لذا در این تحقیق هدف این است که با استفاده از خصوصیت تقریب توابع غیرخطی شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدلی برای پیش‌بینی میزان موفقیت اجرای پروژه‌های بهبود شش سیگما براساس میزان بهره‌وری و سطح سیگمای آن‌ها طراحی شود.

مبانی نظری تحقیق

شش سیگما

شش سیگما نخستین بار توسط بیل اسمیت[3] در شرکت موتورولا[4] پی‌ریزی شد. سپس در همین شرکت مایکل هری[5] روش و ساختار آن را اصلاح کرد. پس از آن شرکت‌های زیادی مانند جنرال-الکتریک، کداک، سونی، ای‌بی‌ام، زیراکس و فورد موفق به تحقق بخشیدن این روش شدند (شادمهر، ۱۳۸٤).

روش شش سیگما از طریق به‌کارگیری بهبود فرآیند، روش‌های آماری، تمرکز بر مشتری، توجه خاص به تک‌تک فرآیندها و سیستم مدیریتی که به نتایج بلندمدت و منافع مالی عظیم پروژه‌های بهبود توجه دارد، فرصت‌هایی را برای ارزش‌افزایی در سازمان ایجاد می‌کند.

روش شش سیگما برای حل مشکلات ریشه‌ای و مزمن استفاده می‌شود. هرچه سطح شش سیگما بالاتر رود، یک افزایش نمایی در کاهش نقص‌ها ایجاد می‌شود. رسیدن به سطح شش سیگما یک چشم‌انداز است و هنوز شرکت‌های مطرح در استفاده از این روش، قادر به دستیابی به سطح شش سیگما نبوده‌اند (آذر و همکاران، ۱۳۸۷). شش سیگما در فلسفه و دیدگاه خود تفاوت اساسی با دیگر سیستم‌های کیفیت سنتی و نوین دارد، چرا که بهبود کیفیت را موجب افزایش سرعت و کاهش هزینه می‌داند، نه افزایش سرعت و کاهش هزینه را عامل بهبود کیفیت. هدف آماری از اجرای شش سیگما، رسیدن به سطح ۳/٤ خطا در یک میلیون فرصت برای اصلاح اشکالات است.

1 . Buyukozkan
2. **A**rtificial **N**eural **N**etwork (ANN)

3. Bill Smith
4. Motorola
5. Mikel Harry

Archive of SID

www.SID.ir

به طور کلی، می‌توان گفت، امروزه شش سیگما به‌عنوان مفیدترین و کاربردی‌ترین رویکرد برای بهبود کیفیت محصولات و خدمات و همچنین دستیابی به برتری تجاری و مزیت رقابتی به وسیله حذف ضایعات مورد توجه قرار گرفته است (چائو و چیا، ۲۰۰۸).

روش‌ها و معیارهای انتخاب پروژه‌های شش سیگما

یکی از عناصر کلیدی در شش سیگما که تأثیر سرنوشت‌ساز در موفقیت اجرای آن دارد، اولویت-بندی و انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگماست. انتخاب پروژه، فرآیند ارزیابی یک یا گروهی از پروژه‌ها و سپس انتخاب آن‌ها به طوری که به اهداف سازمان برسیم (گوس‌نیک و هان‌جک[1]، ۲۰۰۹). امروزه انتخاب پروژه‌های شش سیگما، یکی از دشوارترین و بحث‌انگیزترین مسائل در ادبیات شش سیگماست (سقایی و دیده‌خانی ، ۲۰۱۱). انتخاب مناسب پروژه، می‌تواند مزایای بالقوه شش سیگما را افزایش دهد. هم‌چنین اشتباه در انتخاب پروژه‌ها به شکست در اجرای شش سیگما منجر می‌شود. نویسندگان و مشاوران، مدل‌ها، ابزارها و عناصر کلیدی متعدد و متفاوتی را در انتخاب پروژه‌های شش سیگما پیشنهاد کرده‌اند.

در انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما، به همان اندازه که انتخاب روش مهم و حیاتی است، انتخاب معیارهای مناسب به‌منظور اجرای پروژه‌های بهبود نیز مهم و چالش‌برانگیز هستند. به طور کلی، از معیارهایی مانند کاهش دوباره‌کاری‌ها و شکست‌ها، بهبود رضایت مشتری و برتری تجاری به‌منظور ارزیابی پروژه‌های شش سیگما استفاده شده است.

پانده[2] و همکاران (۲۰۰۰)، معیارهای انتخاب پروژه‌های شش سیگما را به سه گروه تقسیم کرده‌اند: ۱- سودآوری کسب‌وکار؛ ۲- امکان اجرای پروژه؛ ۳- میزان تأثیر بر سازمان. معیار سودآوری کسب‌وکار شامل مواردی از قبیل میزان تأثیر بر رضایت مشتری، تأثیر بر استراتژی کسب‌وکار، تأثیر بر شایستگی‌های مرکزی و میزان تأثیر مالی است. معیار امکان اجرای پروژه برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما، شامل معیارهایی، از قبیل نیازمندی منابع، متخصصان در دسترس، پیچیدگی و احتمال موفقیت پروژه‌هاست (به نقل از کومر، ۲۰۰۷).

در مطالعه هری و اسکرودر[3] (۲۰۰۰) تعداد خطا در یک میلیون فرصت خطا (DPMO)[4]، صرفه‌جویی در خالص هزینه‌ها، هزینه کیفیت پایین، مدت زمان چرخه فرآیند، میزان تأثیر بر رضایت مشتری، ظرفیت و عملکرد داخلی را به‌عنوان معیارهای انتخاب پروژه‌های شش سیگما پیشنهاد شده است.

به زعم بانولاس[5] و همکاران (۲۰۰۶) معیارهای ارزیابی برای شش سیگما شامل میزان تأثیر بر رضایت مشتری، میزان تأثیر مالی، تعهد مدیریت ارشد، قابلیت اندازه‌گیری و در دسترس بودن، رشد و یادگیری، ارتباط با استراتژی سازمان و شایستگی‌های مرکزی است. کومر و همکارانش (۲۰۰۷) در مقاله خود که از روش DEA برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما استفاده نموده‌اند، معیارهای هزینه پروژه،

1 . Gosnik & Hohnjec

2. Pande
3. Harry and Schroeder
4. Defects Per **M**illion Opportunities (DPMO)
5. Banuelas

Archive of SID

www.SID.ir

مدت زمان اجرای پروژه، تعداد افراد کمربند مشکی و سبز، میزان تأثیر بر رضایت مشتری، استراتژی سازمان، میزان تأثیر مالی، میزان بهره‌وری و سطح سیگما را معرفی نموده‌اند. در ادامه و در جدول ۱ به برخی از تحقیقاتی که در این حوزه انجام شده، اشاره می‌گردد:

جدول۱: روش‌ها و معیارهای انتخاب پروژه‌های شش سیگما

نویسنده (سال)	روش	معیار
آدامز[1] و همکاران (۲۰۰۳)	ماتریس رتبه‌بندی پروژه	میزان تأثیر بر رضایت مشتری، میزان تأثیر مالی، فرآیند کسب-وکار، زمان تکمیل، یادگیری و رشد
کومر و همکاران (۲۰۰۷)	DEA	هزینه‌ی پروژه، مدت زمان اجرای پروژه، تعداد افراد کمربند مشکی و سبز، میزان تأثیر بر رضایت مشتری، استراتژی سازمان، میزان تأثیر مالی، میزان بهره‌وری و سطح سیگما
چائو و چیا (۲۰۰۸)	ترکیب FMEA و AHP	خط‌مشی‌های استراتژی کسب و کار سازمان و صدای مشتری
یانگ و حسیه (۲۰۰۸)	AHP فازی	رهبری، مدیریت استراتژیک، پژوهش و نوآوری، توسعه مشتری/بازار، مدیریت منابع انسانی و مدیریت دانش، به-کارگیری و مدیریت استراتژی اطلاعات، مدیریت فرآیند، نتایج کسب و کار(معیارهای جایزه ملی تایوان)
یانگ و حسیه (۲۰۰۹)	روش تصمیم‌گیری چند معیاره دلفی فازی	معیارهای جایزه ملی تایوان
گوس نیک و همکاران (۲۰۰۹)	طوفان مغزی، مصاحبه، QFD، مدل کانو، گروه‌های تمرکز	منافع مشتری، تأثیر بر استراتژی کسب‌وکار، مزایای مالی، یادگیری و رشد، امکان پذیری، نتایج قابل اندازه‌گیری، تعهد مدیریت ارشد
بویوکوزان و همکار (۲۰۱۰)	ترکیب ANP و DEMATEL	برتری کسب‌وکار(تجاری)، بهره‌وری، رشد درآمد
زلنر[2] و همکاران(۲۰۱۰)	ترکیب QFD و AHP	شایستگی‌های مرکزی، مشخصات مشتری، عوامل حیاتی موفقیت
سقایی و دیده‌خانی (۲۰۱۰)	ANP فازی	معیار کسب‌وکار ، معیار فرآیند و معیار مالی
سقایی و دیده‌خانی (۲۰۱۱)	ترکیب شبکه عصبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی فازی	معیار کسب‌وکار ، معیار فرآیند و تکنولوژی و معیار مالی
پادهی[3] و ساهو (۲۰۱۱)	تحلیل گزینه واقعی و برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح صفرویک	رضایت مشتری، بهبود بهره‌وری/کاهش ضایعات، کاهش هزینه، بهبود کیفیت، بهبود فرایند، بهبود قابلیت اطمینان.

1. Adams
2 . Zellner
3 . Padhy

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه‌های عصبی مصنوعی

طی دهه گذشته، شبکه‌های عصبی به‌عنوان یک فناوری که الگوی داده‌ها را شناسایی و مدل‌سازی می‌کند، شناخته شده است. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی عملکرد بهتری از تکنیک‌های آماری سنتی نظیر رگرسیون چندمتغیره داشته و همانند بسیاری از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای مجموعه‌ای بزرگ و متنوع از مسائل، مناسب هستند (راضی و آتاپیلی[1]، ۲۰۰۵). اصطلاح شبکه‌های عصبی مصنوعی، خانواده‌ای از مدل‌ها را تشریح می‌کند که بر ویژگی‌های فیزیولوژیک سیستم‌های اعصاب حیوانات و انسان‌ها مبتنی هستند (هاگان و همکاران، ۱۳۸۸). این شبکه‌ها تا حد زیادی به‌عنوان جعبه سیاهی دیده شده‌اند که الگوی پیچیده در داده‌ها را مشخص می‌کنند و یادگیری از طریق آموزش، از ویژگی‌های اساسی آن‌هاست (میرغفوری و همکاران، ۱۳۸۸).

ساختار شبکه عصبی معمولاً یک شبکه یا گراف چند لایه با ارتباطات ساده، بین لایه‌ها است. در هر لایه یک یا چندین واحد محاسباتی به‌نام گره یا نرون مصنوعی وجود دارد که در حقیقت الگویی ساده از نرون‌های عصبی مغز انسان هستند. نقش نرون‌ها در شبکه عصبی، پردازش اطلاعات است و این امر در شبکه‌های عصبی مصنوعی به وسیله یک پردازشگر ریاضی که همان تابع فعال‌سازی است، انجام می‌شود. شبکه عصبی توسط الگوی ارتباطی بین لایه‌های مختلف شبکه، تعداد نرون‌ها، تعداد لایه‌ها، الگوریتم یادگیری و تابع عملیاتی نرون، شناسایی و تعریف می‌شود و در جریان اصلاح مکرر وزن‌ها، یک شبکه آموزش می‌بیند. با تکرار فرآیند یادگیری، شبکه مقادیر صحیح وزن‌ها را شناسایی کرده و خطا را کاهش می‌دهد (میرغفوری و همکاران، ۱۳۸۸). اگرچه شبکه‌های عصبی مصنوعی محدودیت‌های خاص خود را دارند، اما دارای محاسن ویژه‌ای، هم‌چون قدرت یادگیری، انعطاف‌پذیری، انطباق و کشف دانش هستند (گوناتیلاک[2]، ۱۹۹۵).

شبکه‌های عصبی در حوزه‌های مختلفی، نظیر علوم شناختی، علوم کامپیوتر، مهندسی برق، مدیریت، حسابداری و مالی به کار گرفته شده‌اند. در سال‌های اخیر از این روش، به طور فزاینده در فرآیندهای مدیریت و تصمیم‌گیری در سازمان استفاده شده است. نمونه‌هایی از این کاربردها عبارتند از:

پیش‌بینی پاسخ بازار(کاری و موتینهو[3]، ۱۹۹۳؛ هروسک[4]، ۱۹۹۳)، پیش‌بینی انتخاب مصرف کننده؛ (دیویس و همکاران[5]، ۱۹۹۹؛ وست و همکاران[6]، ۱۹۹۷)، بازایابی توریسم (مازانک[7]،۱۹۹۰)، تجزیه و تحلیل ارتباط خریدار و فروشندگان (وری و همکاران[8]، ۱۹۹۴) و تجزیه و تحلیل بخش‌بندی بازار (فیش و بارنز[9]، ۱۹۹۵؛ ناتر[10]، ۱۹۹۹).

مدل‌های مختلفی از شبکه‌های عصبی برحسب کاربرد و عملکرد آن‌ها وجود دارد. یکی از انواع آن‌ها

1 . Razi & Athappilly

2 . Goonatilake
3 . Curry & Mutinho
4. Hruschk
5 . Davis
6. West
7 . Mazanec
8 . Wary
9 . Fish & Barnes
10. Natter

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه‌ی پرسپترون چند لایه (MLP)[1] است که نرون‌ها ها به‌صورت موازی با هم قرارگرفته‌اند و نرون‌های موجود در یک لایه با نرون‌های لایه‌های دیگر در ارتباط هستند و میزان تأثیر این ارتباطات، توسط پارامتری به‌نام وزن تعیین می‌شود. شبکه‌ی پرسپترون چند لایه به ترتیب شامل یک لایه‌ی ورودی، یک یا چند لایه‌ی پنهان و یک لایه‌ی خروجی است (راکعی و همکاران، ۱۳۸٦). لایه ورودی محل ورود اطلاعات مورد نظر شبکه است. انتخاب نوع و تعداد ورودی‌های شبکه در کیفیت عملکرد شبکه تأثیر زیادی دارد. لایه‌های پنهان نقش سازماندهی عملکرد یک شبکه عصبی را دارند. تعداد لایه‌های پنهان و سلول‌های عصبی موجود در این لایه‌ها تأثیر به‌سزائی در عملکرد شبکه دارد. اگر تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه کافی نباشد، شبکه نمی‌تواند به‌طور مناسب به یک جواب بهینه همگرا شود و اگر تعداد آن‌ها بیش از حد لازم باشد، شبکه دچار بی ثباتی می‌شود (هاگان و همکاران، ۱۳۸۸). ادبیات موضوع نشان می‌دهد که به‌ندرت شبکه‌ای با بیش از سه لایه پنهان در مسائل پیش‌بینی، بهبود نشان داده است (کاسترا و بوید[2]، ۱۹۹٦). لایه نهایی هر شبکه عبارت از لایه خروجی است که نتیجه عملکرد شبکه‌های عصبی و پارامترهای مورد نظر را ارائه می‌دهد. در بسیاری از تحقیقات مشابه از قانون یادگیری پس انتشار خطا (EBP) برای آموزش شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه استفاده می‌شود.

مدل تحقیق

در این تحقیق، سعی شده است تا با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مدلی برای پیش‌بینی میزان موفقیت اجرای پروژه‌های بهبود شش سیگما طراحی شود. با توجه به این‌که اولین گام در شبکه‌های عصبی، مشخص کردن ورودی‌ها است، لذا در این تحقیق با توجه به بررسی مطالعات گذشته و هم‌چنین استفاده از نظرات خبرگان و صاحبنظران در شش سیگما، شش عامل به‌عنوان عوامل مؤثر بر انتخاب پروژه‌های شش سیگما انتخاب شد که عبارتند از:

۱- هزینه پروژه

اجرای شش سیگما نیاز به سرمایه قابل‌توجهی دارد. برای مثال، جنرال‌الکتریک بین سال‌های ۱۹۹٦ و ۱۹۹۹ حدود ٦,۱ بیلیون دلار برای اجرای شش سیگما سرمایه‌گذاری کرد (وکسر[3]، ۲۰۰۷). بنابراین هزینه پروژه، یک ورودی مهم برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما است.

۲- مدت زمان اجرای پروژه

زمان طولانی برای اجرای پروژه‌ها، به منابع بیشتر نیاز داشته و منافع حاصل از اجرای پروژه را به تأخیر می‌اندازد. بنابراین مدت پروژه، در فرآیند اجرای شش سیگما نقش کلیدی ایفا می‌کند.

۳- تعداد افراد کمربند مشکی و سبز

کمربندهای مشکی و سبز منابع کلیدی مورد نیاز در اجرای شش سیگما هستند. اسنی و رودن باق[4]

1. **M**ulti **L**ayer **P**erceptron (MLP)
2 . Kaastra & Boyd
3 . Waxer
4 . Snee and Rodenbaugh

Archive of SID

www.SID.ir

(۲۰۰۲) شناسایی و دسترسی به کمربند مشکی‌ها و سبزها را به‌عنوان یکی از فرآیندهای چهار مرحله‌ای انتخاب پروژه شش سیگما معرفی کرده‌اند (به نقل از کومر و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین دردسترس‌بودن نیروهای کاری در قالب کمربندهای مشکی و سبز یک معیار مهم است.

٤- میزان افزایش در سطح رضایت مشتری

موفقیت هر پروژه به‌شدت بستگی به این دارد که چه‌طور پروژه می‌تواند رضایت مشتری را بهبود بخشد؛ بنابراین عامل مهم در موفقیت هر پروژه شش سیگما، بهبود رضایت مشتری است. در این مقاله، میزان افزایش در سطح رضایت مشتری، به‌عنوان یکی از عوامل مهم در انتخاب پروژه‌های شش سیگما در نظر گرفته‌شده‌است.

٥- تأثیر بر استراتژی کسب‌وکار

هر پروژه‌ی شش سیگما به سازمان برای بهبود موقعیت رقابتی و درک چشم‌انداز سازمان کمک می‌کند. در این مقاله، از یک طیف نه‌تایی برای مشخص کردن میزان تأثیر هر پروژه بر استراتژی سازمان استفاده شده است.

٦- میزان تأثیر مالی- کاهش در هزینه‌ی کیفیت پایین (COPQ)

معمولاً از هزینه کیفیت پایین (COPQ) به‌عنوان یک معیار کلیدی برای انتخاب و ارزیابی پروژه‌های شش سیگما استفاده می‌شود (بیسگارد و فریسلبن[1]، ۲۰۰٤). در کارخانه‌های تولیدی، کاهش تعداد نقص، به‌دلیل بهبود فرآیندهای تولید، موجب ایجاد منفعت می‌شود. هر بهبودی در سطح سیگما مترادف با کاهش COPQ است. یکی از اهداف اصلی پروژه‌های شش سیگما، حداقل کردن COPQ است.

با توجه به این‌که هدف غایی پروژه‌های شش سیگما، افزایش در میزان بهره‌وری سیستم و سطح سیگمای کیفیت است، لذا این دو عامل را به‌عنوان خروجی‌های پروژه شش سیگما در نظرگرفته شد:

۱- افزایش در میزان بهره‌وری

یکی از اهداف شش سیگما بهبود میزان بهره‌وری در سیستم تولید است. بنابراین، افزایش میزان بهره‌وری به‌عنوان یکی از نتایج اجرای شش سیگما، یک خروجی مهم است.

۲- افزایش در سطح سیگمای کیفیت

سطح سیگمای بالاتر نشان‌دهنده نقص کمتر در فرآیند و سطح سیگمای پایین‌تر به معنی نرخ نقص بیشتر است. سطح سیگمای کیفیت، مقیاس نرخ نقص فرآیند است. سطح سیگمای کیفیت می‌تواند برای هدف الگوبرداری و اندازه‌گیری کیفیت فرآیند، استفاده شود.

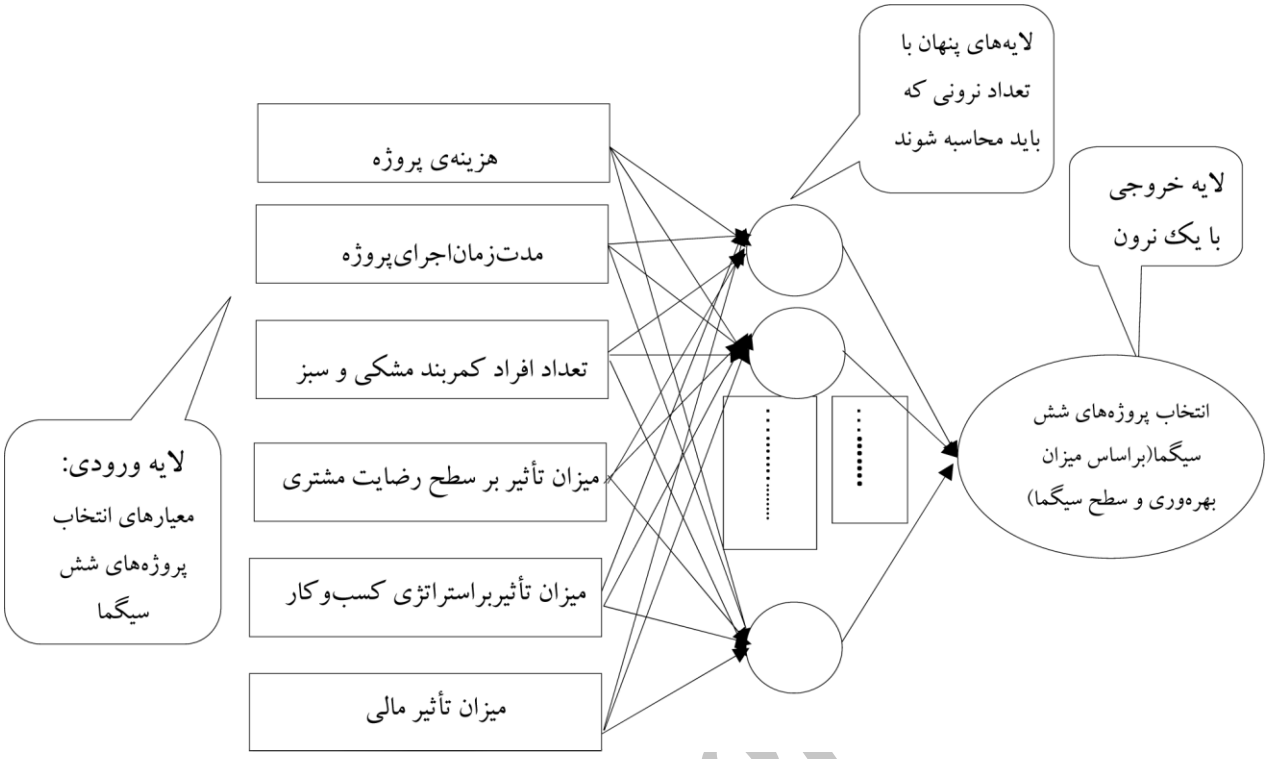
بنابراین، تأثیر "افزایش در سطح سیگمای کیفیت" بر سودآوری، معیار اساسی برای انتخاب پروژه‌های شش سیگما است.

در نمودار ۱، ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در این تحقیق نشان داده شده است.

1 . Bisgaard & Freiesleben

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۱: ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در این تحقیق

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات

در تحقیق حاضر برای انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما، دو مدل (شبکه) با رویکرد شبکه عصبی طراحی شده است. در این شبکه‌ها شش معیار به عنوان ورودی، به شبکه عصبی داده‌شده‌است. لایه خروجی در هر دو شبکه، یک نرون داشت. در یک شبکه، میزان بهره‌وری و در شبکه دیگر، سطح سیگما به‌عنوان خروجی در نظرگرفته شده است.

با توجه به دشواری دسترسی به سازمانی که اطلاعات موردنیاز را به طور مدون داشته و در اختیار محقق قرار دهد، برای انجام فرایند تحقیق و آموزش مدل، از داده‌های مورد استفاده در کار تحقیقی کومر و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شده است.

برای طراحی این شبکه، ترکیب مدل‌های مختلف، با تغییر تعداد لایه‌های مختلف، تعداد نرون‌های هر لایه، توابع آموزش و انتقال هر لایه، تعداد تکرارهای مختلف، اندازه مجموعه آموزشی و آزمایشی، به صورت آزمون و خطا آزمایش شده است تا شبکه مناسب با حداقل میانگین مجذور خطا و حداکثر ضریب تعیین به دست آید. در تحقیق حاضر ٦٠ درصد اطلاعات برای آموزش، ۱۵درصد برای بازآزمایی و ۲۵ درصد برای آزمون مورداستفاده قرارگرفت.

در مسائل از نوع تقریب تابع، تعداد لایه‌های ورودی برابر تعداد متغیرهای مستقل هستند. تعداد متغیرهای در این مسأله شامل ٦ معیار به‌منظور انتخاب پروژه‌های شش سیگماست. بنابراین، در این

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق تعداد نرون‌های لایه‌ی ورودی ٦ است. با توجه به این‌که شبکه یک خروجی دارد، تعداد نرون لایه‌ی خروجی نیز یک است.

در طراحی شبکه اول برای پیش‌بینی میزان بهره‌وری حاصل از اجرای پروژه‌های شش سیگما، پس از تست مدل با استفاده از نرم‌افزار NeuroSolutions ۵ و بارها آزمون و خطا، شبکه با دو لایه پنهان دارای جواب بهتری بود. نتایج حاصل از ۵ مدل از بهترین مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از ۵ مدل از بهترین مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی

شبکه	تعداد لایه پنهان	توابع محرک	MSE	NMSE	MAE	r^2
۱	۳	TAN	۱۲,۷٤۷۲	۰,۳۵۲۰	۱,۹۰۱۱	۰,۷۲۱۹
۲	٤	TAN	۱۱,۵۳۱٤	۰,۳۲۰۲	۲,۳۹۳۳	۰,۷۷۵۱
۳	۲	TAN	۱۳,۹۷۱۷	۰,۳۵٦۳	۲,٤۱۲۹	۰,۷۹۱۰
٤	٤	TAN	۱,٤٦۷۱	۰,۰٤۵۳	۰,۸۲۷۳	۰,۹٦۵۸
۵	۲	TAN	۰,۱۰۱۵	۰,۰۰۳۳	۰,۱٦۳٤	۰,۹۹۸۰

همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، در میان این ۵ مورد، مدل شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) همراه باالگوریتم پس انتشار خطا (EBP) با دو لایه‌ی پنهان با تابع محرک تانژانت در لایه‌های پنهان و لایه‌ی خروجی، از وضعیت بهتری برخوردار است. میانگین توان دوم خطا (MSE) ۰/۱۰۱۵، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) ۰/۱٦۳٤ و ضریب تعیین (r^2) ۰/۹۹۸۰ بوده است. تعداد لایه‌های این شبکه ٤ لایه شامل یک لایه ورودی با ٦ نرون، یک لایه خروجی با یک نرون و دو لایه‌ی پنهان یا میانی است.

نمودار ۲: مقایسه خروجی واقعی و خروجی برآوردشده شبکه در پیش‌بینی میزان بهره‌وری

Archive of SID

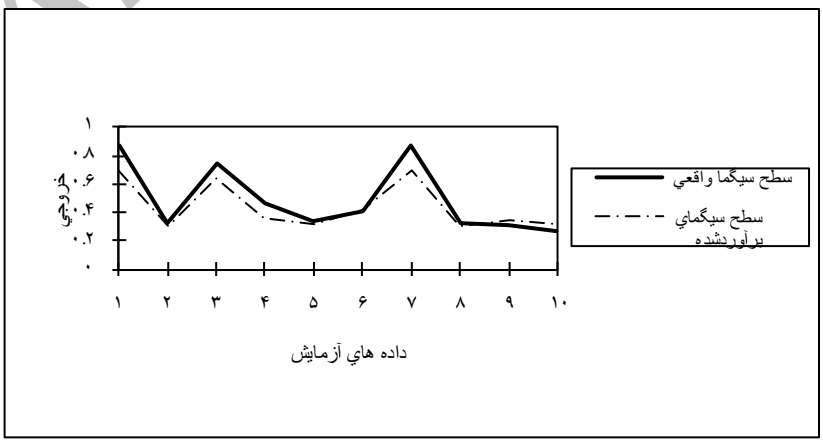
www.SID.ir

برای پیش‌بینی سطح سیگمای حاصل از پروژه‌های شش سیگما، شبکه با سه لایه پنهان دارای جواب بهتری بود. نتایج حاصل از ۵ مدل از بهترین مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از ۵ مدل از بهترین مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی

شبکه	تعداد لایه پنهان	توابع محرک	MSE	NMSE	MAE	r^2
۱	۱	TAN	۰,۰۱۳۳	۰,۲۹٦	۰,۰۸۵۱	۰,۷۷۱۵
۲	٤	TAN	۰,۰۰۹٦	۰,۱۷۹	۰,۰٦۷۷	۰,۸۲٦٦
۳	۲	TAN	۰,۰۰۷۳	۰,۱۲۹	۰,۰٤۵۰	۰,۸۹٤۹
٤	٤	TAN	۰,۰۱۰٤	۰,۱۸۱	۰,۰۸٤٦	۰,۹۱۷۵
۵	۳	TAN	۰,۰۰۸۸	۰,۱۷۱	۰,۰۷۰۸	۰,۹٦٦٤

همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است، در میان این ۵ مورد، مدل شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) همراه باالگوریتم پس انتشار خطا (EBP) با سه لایه پنهان با تابع محرک تانژانت در لایه‌های پنهان و لایه‌ی خروجی، از وضعیت بهتری برخوردار است. میانگین توان دوم خطا (MSE) ۰/۰۰۸۸، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) ۰/۰۷۰۸ و ضریب تعیین (r^2) ۰/۹٦٦٤ بوده است. تعداد لایه‌های این شبکه ۵ لایه شامل یک لایه ورودی با ٦ نرون، یک لایه خروجی با یک نرون و سه لایه پنهان یا میانی طراحی شده است.



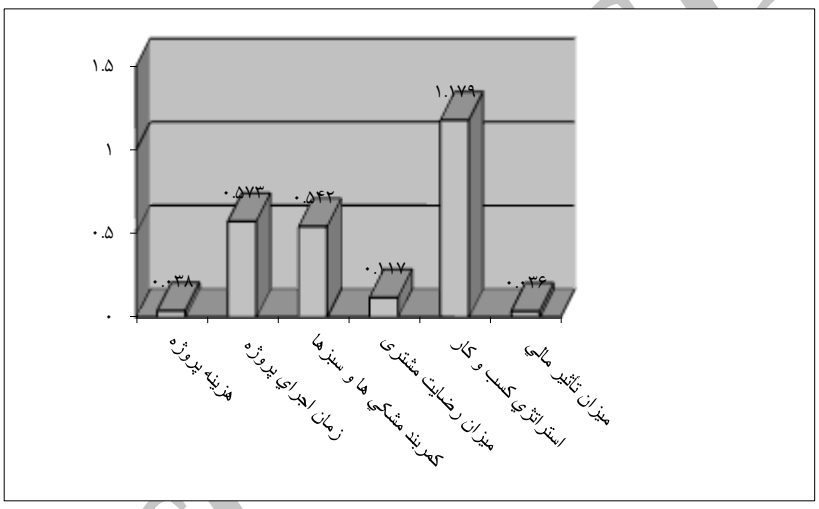
نمودار۳: مقایسه خروجی واقعی و خروجی برآورد شده شبکه در پیش‌بینی سطح سیگما

Archive of SID

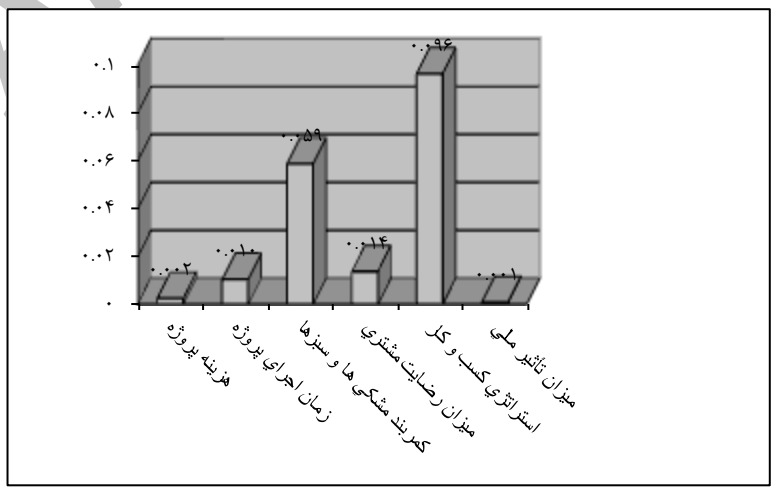
www.SID.ir

تحلیل حساسیت شبکه‌های عصبی

تحلیل حساسیت در واقع روشی است که در آن با ایجاد تغییر در ورودی‌ها میزان تغییر در خروجی مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این مسأله نشان‌دهنده آن است که کدام ورودی بیشترین تأثیر را بر روی خروجی خواهد داشت (یاو و همکاران، ۲۰۰۳). در تحقیق حاضر نیز برای پاسخ به این سؤال که کدام یک از متغیرهای ورودی؛ یعنی معیارهای انتخاب پروژه‌های شش سیگما، بیشترین تأثیر را بر روی خروجی‌ها؛ یعنی میزان بهره‌وری و سطح سیگمای حاصل از پروژه‌های شش سیگما داشته، از تحلیل حساسیت در شبکه عصبی استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت در نمودارهای ٤ و ٥ نشان داده شده است. همان‌گونه که از نمودارها مشخص است، عوامل "استراتژی کسب و کار" و "میزان تأثیر مالی" به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر خروجی‌های مدل شامل میزان بهره‌وری و سطح سیگما داشته است.



نمودار٤: تحلیل حساسیت شبکه عصبی با خروجی میزان بهره‌وری



نمودار٥: تحلیل حساسیت شبکه عصبی با خروجی سطح سیگما

www.SID.ir

بحث

در مقایسه با سایر روش‌های استفاده شده در انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما، مدل شبکه عصبی مورد استفاده در این مقاله دارای توانمندی‌های بالاتری است. در روش‌های کلاسیک همانند AHP، TOPSIS و SAW نیاز به تعیین وزن برای هرمعیار است؛ به‌خصوص زمانی که تعداد تصمیم‌گیرندگان افزایش یابد، به دست آوردن وزن‌های معتبر برای هر معیار دشوار است. با استفاده از شبکه‌های عصبی، نیازی نیست که ابتدا تحلیلی از مسئله و یا ساختار درونی سیستم داشته باشیم. با به کارگیری شبکه عصبی امکان بررسی هم‌زمان تأثیر تعداد زیادی متغیر فراهم می‌شود؛ به عبارت دیگر، میزان اعتماد به نتایج تحقیق برای تصمیم‌گیری در شرایط واقعی بالاتر می‌رود. با توجه به قدرت شبکه‌های عصبی و قابلیت‌های آن، امکان تلفیق داده‌ها به وجود آمده، عمق و دقت تحلیل بیشتر می‌شود و لذا نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها به واقعیت نزدیک‌تر شده و اعتبار تصمیم‌گیری افزایش می‌یابد. بنابراین مدل‌های شبکه عصبی نسبت به روش‌های مرسوم، نیرومندتر و انعطاف‌پذیرتر هستند. هم‌چنین با انجام تحلیل حساسیت که در شبکه‌های عصبی امکان‌پذیر است و با آن میزان تأثیر ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه سنجیده می‌شود، می‌توان پیش‌بینی‌های دقیق‌تری انجام داد و تحلیلی جامع بر اثرات ورودی‌ها بر خروجی‌های مدل انجام داد.

در مطالعات اندکی به بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر بر انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما پرداخته شده است (گوس نیک و هان‌جک، ۲۰۰۹ و آنتونی، ۲۰۰۴). در این پژوهش علاوه بر ارائه مدلی برای انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما، میزان تأثیر عوامل مؤثر بر انتخاب پروژه‌های بهبود نیز بررسی می‌شود. همان‌طور که از ادبیات تحقیق مشخص است، تحقیقات بسیاری از جمله پادهی و ساهو (۲۰۱۱)، یانگ و حسیه (۲۰۰۹) و بویوکوزان و همکار (۲۰۱۰) نیز عوامل مورد بررسی در این پژوهش مانند هزینه پروژه، سطح رضایت مشتری، تأثیر بر استراتژی کسب‌وکار و میزان تأثیر مالی را در انتخاب پروژه‌های بهبود شش سیگما مؤثر دانسته‌اند.

با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته، از میان عوامل تأثیرگذار بر سطح سیگما و هم‌چنین میزان بهره‌وری حاصل از اجرای پروژه‌های بهبود شش سیگما، "استراتژی کسب‌وکار" بیشترین تأثیر را بر هر دو خروجی داشته است که این نتایج، یافته‌های گوس نیک و هان‌جک (۲۰۰۹) و آنتونی (۲۰۰۴) را تأیید می‌کند.

هم‌چنین نتایج حاکی از آن است که"میزان تأثیر مالی" و "هزینه پروژه" عواملی هستند که کمترین تأثیر را بر این سطح سیگما و میزان بهره‌وری دارند.

نتیجه‌گیری

امروزه سازمان‌ها به‌دنبال روشی به‌منظور بهبود کیفیت فرآیندها و محصولات هستند، تا از این طریق رضایت مشتری و سودآوری را افزایش دهند. شش سیگما یکی از روش‌هایی است که بدین منظور استفاده می‌شود. در این میان، انتخاب پروژه‌ها یکی از چالش‌برانگیزترین مسائل در حوزه‌ی شش سیگما است. به طوری که اشتباه در انتخاب پروژه‌ها منجر

Archive of SID

www.SID.ir

به شکست در اجرای شش سیگما می‌شود. حجم بالای داده‌ها و عدم اطلاع از نوع رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی، نیاز به یک مدل مناسب برای پیش‌بینی موفقیت پروژه‌های بهبود شش سیگما را الزامی می‌سازد. در این میان استفاده از تکنیک‌های فراابتکاری و هوش مصنوعی از جمله شبکه‌های عصبی، می‌توانند راه گشا باشند. این مقاله با استفاده از تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدلی مناسب برای پیش‌بینی میزان بهره‌وری و سطح سیگمای حاصل از پروژه‌های بهبود شش سیگما ارائه داده است. کارایی این دو شبکه در مقایسه با شبکه‌های مشابه پس از آزمون‌وخطا و تغییرات متعدد تأیید شده است. در فرآیند توسعه‌ی این مدل، با تغییر تعداد نرون‌ها، لایه‌ها و انواع الگوریتم‌های یادگیری نتایج مدل بهبود، یافته و انواع شبکه‌ها با انجام آزمایش‌های متعدد بررسی شده است. نتایج این تحقیق ارائه دو شبکه پرسپترون ٤ و ٥ لایه، به عنوان بهترین شبکه‌ها برای پیش‌بینی موفقیت پروژه‌های بهبود شش سیگما در ایجاد بهره‌وری و افزایش سطح سیگما می‌باشد که می‌تواند تصمیم‌گیرندگان را در این حوزه یاری رساند.

در این مقاله از توان شبکه عصبی در تحلیل حساسیت استفاده گردید که نتایج حاکی از آن است که عوامل "استراتژی کسب و کار" و "میزان تأثیر مالی" به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر خروجی‌های مدل شامل میزان بهره‌وری و سطح سیگما داشته است.

همان‌طور که بیان شد "استراتژی کسب و کار" به عنوان عاملی که بیشترین تأثیر را بر خروجی‌های مدل شامل میزان بهره‌وری و سطح سیگما دارد، شناخته شده است. دستیابی به اهداف استراتژیک و مأموریت سازمان، از مهمترین اهداف به‌کارگیری شش سیگما است، به طوری که در تمام جوایز کیفیت، برنامه‌های استراتژیک به عنوان معیاری مهم در ارزیابی فرایندها به شمار می‌رود. سازمان‌ها به منظور بهره‌برداری از منافع پروژه‌های شش سیگما، باید به گونه‌ای عمل نمایند که این پروژه‌ها در راستای اهداف استراتژیک سازمان باشند. به عبارتی دیگر، سازمان‌ها باید پروژه‌هایی را برگزینند که نیازمندی‌های استراتژیک سازمان را برآورده نماید و با اهداف کلی شرکت که در استراتژی آن انعکاس می‌یابد، همخوانی داشته باشند. لذا پیشنهاد می‌شود در تدوین استراتژی کسب و کار سازمان سرمایه‌گذاری و دقت‌نظر بیشتری به عمل آید. هم‌چنین با توجه به آن‌که در اجرای پروژه‌های بهبود، تمامی کارکنان سازمان مشارکت دارند، مدیران عالی سازمان باید در تدوین استراتژهای کسب و کار سازمان نیز از توانمندی و مشارکت آن‌ها بهره‌مند شوند تا ضامن اجرای برنامه‌های بهبود گردد.

با توجه به نتایج به دست آمده و تحلیل‌های صورت گرفته، از آن‌جایی که "تعداد افراد کمربند مشکی و سبز" به عنوان یکی از عواملی که بیشترین تأثیر را بر سطح سیگمای پروژه‌های بهبود شش سیگما دارند، پیشنهاد می‌شود به منظور افزایش این افراد در سازمان، دوره‌های آموزشی برگزار شود.

از منظر روش‌شناسی نیز می‌توان گفت رویکرد شبکه عصبی فازی روشی قدرتمند در پیش‌بینی پدیده‌های مختلف مدیریتی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی روش ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی مورد استفاده قرار گیرد. در

Archive of SID

www.SID.ir

این تحقیق به علت محدودیت زمانی، شبکه‌های عصبی مصنوعی قطعی مورد استفاده قرار گرفت تا ضمن تأئید روایی آن در مراحل بعدی با استفاده از رویکرد فازی این مدل توسعه یابد. هم‌چنین استفاده از شبکه‌های عصبی فازی و ترکیب آن با الگوریتم ژنتیک نیز در بهینه‌یابی اوزان شبکه، می‌تواند نتایج جالب توجهی را ارائه دهد.

در این پژوهش علاوه بر محدودیت‌های موجود در کار میدانی و در مرحله جمع‌آوری اطلاعات، رویکرد مورد استفاده نیز دارای محدودیت‌هایی بوده است که از آن جمله می‌توان به نیاز به حجم بالای اطلاعات برای آموزش و آزمایش شبکه، نیاز به زمان زیاد برای انتخاب ساختار مناسب شبکه از راه آزمایش‌وخطا و طبیعت مبهم شبکه‌های عصبی در ارتباط با روابط داخلی بین لایه‌ها که آن را با لفظ جعبه سیاه توصیف کرده‌اند، اشاره کرد. هم‌چنین در این پژوهش به دلیل عدم دسترسی به سایر معیارهای انتخاب پروژه‌های شش سیگما، از شش معیار ذکر شده در تحقیق، به عنوان ورودی‌های شبکه استفاده شده است. در پژوهش‌های آتی در صورت در دسترس بودن سایر معیارها و با توجه به نظر خبرگان این حوزه، می‌توان از دیگر معیارها نیز به عنوان ورودی و خروجی شبکه استفاده کرد.

منابع

آذر، عادل، میرفخرالدینی، سیدحیدر و انواری رستمی، علی‌اصغر، (۱۳۸۷). بررسی مقایسه‌ای تحلیل داده‌ها در شش سیگما، با کمک ابزارهای آماری و فنون تصمیم‌گیری چندشاخصه. *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، ۱۲(٤) (پیاپی ۵۹)، ۳۵-۱.

راکعی، بابک، خام‌هچیان، ماشااله، عبدالملکی، پرویز و گیاهچی، پانته، (۱۳۸٦). کاربرد سیستم شبکه‌ی عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، مطالعه‌ی موردی: ناحیه سفیدار گله در استان سمنان. *مجله علوم دانشگاه تهران*، ۳۳ (۱)، ۵۷-٦٤.

شادمهر، حسین، (۱۳۸٤). شش سیگما، نگهداری و تعمیرات. *نشریه پیام ایران خودرو*، ۹۱ ، ۱-۷.

میرغفوری، سید حبیب اله، طاهری دمنه، محسن و زارع احمدآبادی، حبیب، (۱۳۸۸). ارزیابی روش‌های سنجش کیفیت خدمات به وسیله شبکه‌های عصبی مصنوعی. *چشم انداز مدیریت*، ۳۱، ۶۳-۷۹.

هاگان، مارتین تی، دیموث، هاروارد بی و بیل، مارک (۱۳۸۸). *طراحی شبکه های عصبی*. ترجمه: سید مصطفی کیا، تهران: انتشارات کیان رایانه سبز.

Adams, C., Gupta, P. and Wilson, C. (2003). *Six Sigma Deployment*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Antony, J. (2004). Six Sigma in the UK service organisations: results from a pilot survey. *Managerial Auditing Journal*, 19 (8), 1006-1013.

Antony, J., Kumar, M. and Labib, A. (2009). Gearing Six Sigma in to UK manufacturing SMEs: results from a pilot study. *Journal of the Operational Research Society*, 59, 482-493.

Banuelas, R., Tennant, C., Tuersley, I. and Tang, S. (2006). Selection of six sigma projects in UK. *The TQM Magazine*, 18 (5), 514-527.

Bisgaard, S. and Freiesleben, J. (2004). Six sigma and the bottom line. *Quality Progress*, 37 (9), 57-62.

Büyüközkan, G. and Öztürkcan, D. (2010). An integrated analytic approach for Six

Archive of SID

www.SID.ir

Six sigma project selection using data envelopment analysis. *TQM magazine*, 19(5), 419-441.

Mazanec, J.A. (1999). Simultaneous Positioning & Segmentation Analysis with Topologically Ordered Feature Map: a Tour Operator Example. *Journal of Retailing & Consumer Services*, 6, 212-235.

Natter, X. (1999). Conditional Market Segmentation by Neural Networks, A Monte Carlo Study. *Journal Of Retailing & Consumer Services*, 6, 237-248.

Padhy, R.K. , Sahu. S. (2011). A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model, *International Journal of Project Management*, 29 (8), 1091-1102.

Razi, M.A., Athappilly, K. (2005). A comparative predictive analysis of neural networks (NNs), nonlinear regression and classification and regression tree (CART) models. *Expert Systems with Applications*, 29, 65 – 74.

Saghaei, A. and Didehkhani, H. (2010). Application of Analytic Network Process in Selection of Six Sigma Projects. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 20(4), 157 -164.

Saghaei, A. and Didehkhani, H. (2011). Developing an integrated model for the evaluation and selection of six sigma projects based on ANFIS and fuzzy goal programming. *Expert Systems with Applications*, 38, 721 – 728.

Wary, B. Palmer, A., Bejou, D. (1994). Using Neural Network Analysis to Evaluare Buyer- Seller Relationship. *Euroup Journal of Marketing*, 28(b), 32 - 48.

Waxer, C. (2007). Six sigma costs and savings: the financial benefit of implementing six sigma at your company can be significant. internet article available at: *www.isixsigma.com*.

West, P., Brocket, P.L., Golden, L. (1997). A Comparative Analysis of Neural Networks & Statistical Methods for Predicting Consumer Choice. *Marketing Science*, 16, 370 - 391.

Yang, T., and Hsieh, C. H. (2008). Six-sigma project selection using national quality award criteria and fuzzy multiple criteria Sigma project selection. *Expert Systems with Applications*, 37, 5835-5847.

Chao, T. S. and Chia, J. C. (2008). A systematic methodology for the creation of six sigma projects: A case study of semiconductor foundry. *Expert Systems with Applications*, 34, 2693-2703.

Curry, B. and Mutinho, L. (1993). Neural Networks in inMarketing: Modeling Consumer Responses to Advertizing . *European Journal of Marketing*, 27, 5-20.

Davis, F., Geode, M. and Mazanec, J. (1999). Lisrel & Neural Network Modeling two Comparison Studies. *journal of Retailing & Consumer Services*, 6, 242-261.

Fish, K.E., Barnes, J,H.Aiken. (1995). Artificial Neural Networks: a New Methodology for Industrial Market Segmentation. *Industrial Marketing Management*, 24, 431-438.

Goonatilake, S. (1995). Intelligent Systems for Finance & Business: An Overview. *Intelligent Systems for Finance and Business*, Wiley, New York, 1-28.

Gošnik,D. and Hohnjec, M. (2009). Selection Criteria for Six Sigma Projects in Slovenian Manufacturing Companies. *Organizacija*, 42(4), 137-143.

Gosnik, D., Bertoncelj, A. & Kavcic, K. (2010). Six Sigma Project Identification And Selection - Comparison Study Between Slovenia And UK, Managerial Challenges of the Contemporary Society, 64-70. URL: http://conference. ubbcluj.ro/mccs/ RePEc/bbu/wpaper/64-70.pdf

Harry, M.J. and Schroeder, R. (2000), Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionising the World's Top Corporations. Sydeny: *Currency Publishers*.

Hruschka, H., (1993). Determining Markets Response Functions by Neural Network Modeling: a Comparison to Econometric Techniques. *European Journal of Operational Research*, 66, 27-35.

Kaastra, I. and Boyd, M. (1996). Designing A Neural Network For Forecasting Financial and Economic Time Series. *Neurocomputing*, 10, 215-236.

Kumar, U. D., Saranga, U., Ramirez-Marquez, J. E. and Nowicki, D. (2007).

Archive of SID

www.SID.ir

decision-making method. In Proceeding of fourth international conference, IEEE. This paper appears in: Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on.

Yang, T., and Hsieh, C. H. (2009). Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method. *Expert Systems with Applications*, 36, 7594 – 7603.

Yao, Y.Y., Zhao, Y., and Maguire, R.B. (2003). Explanation-oriented association mining using a combination of unsupervised and supervised learning algorithms. Proceedings of the Sixteenth Canadian society for computational studies of intelligence conference on Advances in artificial intelligence.

Zellner, G., Leist, S. and Johannsen, F.(2010). Selecting Critical Processes For A Six Sigma Project – Experiences From An Automotive Bank. 18th European Conference on Information Systems, 1-12.

Zu, X. Fredendall, LD. and Robbins, TL. (2006). Organizational Culture and Quality Practices in Six Sigma. The 2006 Annual Meeting of the Academy of Management; US Available from: URL: www.om.aomonline.org/.

Archive of SID

www.SID.ir