خود ارزیابی ابعاد کیفیتی محصول بر اساس مدل اندازه مبتنی بر متغیر کمکی شبکه‌ای

رضا شیخ*
استادیار دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه شاهرود، ایران
محدثه میرزائی
کارشناسی ارشد MBA، دانشگاه شاهرود، ایران

چکیده سازمانهای موفق جایگاه کیفیت کالا و خدمات شرکت را با سایر رقبا پیوسته مورد ارزیابی قرار دهند اما خود ارزیابی از منظر کیفیت حائز اهمیت بیشتری است. این تحقیق با بکارگیری مدل "اندازه کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی شبکه‌ای" به مدیران کمک می کند تا خودارزیابی کیفی از محصولات داشته باشند. مدل پیشنهادی در این تحقیق در قالب مطالعه موردی (شرکت سیم و کابل مغان) بررسی شده و کارایی کیفی محصولات شرکت در دوره‌های زمانی مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر اثربخشی مدل پیشنهادی است.

کلمات کلیدی خود ارزیابی کیفی، کنترل کیفیت، مدل اندازه مبتنی بر متغیر کمکی شبکه‌ای

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

۱- مقدمه

گسترش فعالیت‌های اقتصادی پدیده تازه‌ای نیست؛ اما بدون شک جهانی شدن، مهمترین و بارزترین وجه تمایز اقتصاد امروز و دیروز جهان است. افزایش رقابت در سطح اقتصادی و بین‌المللی به عنوان یکی از مهم‌ترین دستاوردهای جهانی شدن اقتصاد محسوب می‌شود. برای مقابله با طوفان تحول و دگرگونی‌های عظیم و تسلیم نشدن در برابر موج تهاجم رقابتی، سازمان‌ها از دیرباز در یک نقطه اشتراک داشته‌اند و آن معطوف داشتن رویکردها و تمرکز تمام تلاش‌ها برای رسیدن به نتایج مطلوب و کسب رضایت مشتریان است؛ نتایجی که به ایجاد مزیت رقابتی منجر شود و در شاخص‌های عملکرد سازمان مؤثر و تعیین‌کننده باشد. در فضای کسب و کار امروز سازمان مجموعه ای از فرآیندهایی است که هدف آنها، کسب رضایت مشتریان و ایجاد ارزش برای آنها است. مشتریانی که در این عرصه با امکان انتخاب وسیع در میان محصولات متنوع، به دنبال محصولی با ویژگی‌های کیفی مورد نظرشان هستند. این ویژگی‌های کیفی طبق تعاریف یا تصریح شده و آشکار هستند و یا تلویحاً در نیازهای مشتری قابل دستیابی می‌باشند. (ایزو ۸۴۰۲؛ ۱۹۹۴)

۲- بیان مسئله

هر سازمانی برای اعمال مدیریت صحیح باید از الگوهای علمی ارزیابی عملکرد بهره گیرد تا بتواند میزان تلاش و نتایج حاصل

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۸

*(Corresponding author) resheikh@shahroordut.ac.ir

کارکرد خود را مورد سنجش قرار دهد. خودارزیابی یک بازنگری جامع، روشمند و منظم از فعالیت‌ها و دستاوردهای یک سازمان در طول زمان است. فرآیند خود ارزیابی، تشخیص صریح نقاط قوت و زمینه‌هایی که قابل بهبود هستند را برای سازمان ممکن می‌سازد. در فرآیند خودارزیابی، سازمان چگونگی بهبود محصول را طی دوره‌های عملیاتی متوالی در درون خود می‌سنجد. هر چند ابزارهای کنترل کیفی محصول و فرآیند ارتقاء یافته‌اند اما درجه بهبود هر محصول را طی دوره‌های عملیاتی متوالی با توجه به منابع تولیدی دریافت شده در قالب کارائی و رتبه‌بندی نشان نمی‌دهد. به عنوان مثال یکی از مهم‌ترین ابزارهای کنترل فرآیند تولید، نمودارهای کنترل می‌باشند، که در عمل وضعیت محصول را در یکی از شاخص‌های کیفیتی در مقطع زمانی خاص نشان می‌دهد. با تغییر بازه زمانی اندازه عددی شاخص‌های کیفی تغییر کرده و نمودار متفاوتی ترسیم می‌گردد. در صورتی که بخواهیم کارائی کیفی محصول را در دامنه زمانی مشخص نمائیم بناچار بایستی مدلی طراحی شود تا کارائی فرآیند را در دامنه زمان نشان دهد.

درترسیم نمودارهای کنترلی مرسوم تنها خروجی‌های کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای پیدا کردن علل تغییرات خاص، باید اطلاعات تولیدی را در مقطع زمانی مورد نظر، بررسی نمود. در مدل خودارزیابی پژوهش، این ارزیابی‌ها متناسب با تغییرات فرآیند زمانی انجام شده و کارایی واحدها در برش‌های زمانی نشان داده می‌شود و ورودی‌های موثر در مشخصه‌های کیفی خروجی همزمان در تحلیل فرآیند به کار گرفته می شوند.

گرچه بکارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی چندین واحد نسبت به هم بسیار مورد توجه قرار گرفته است اما بکارگیری آن برای یک واحد در طی زمان‌های متفاوت قابلیت خودارزیابی بدست می‌دهد. انجام خود ارزیابی یک واحد تصمیم گیرنده (DMU)[1] شاید به مراتب کاراتر از ارزیابی آن با دیگر واحدهای تصمیم گیرنده باشد زیرا اگر تحلیل نسبت به دیگران، قابلیت رتبه‌بندی بدست دهد، خودارزیابی موجب تحلیل موقعیت‌های موجود و قبلی می‌شود و شرایط رشد و ارتقا را فراهم می‌آورد. در این پژوهش تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها برای خود ارزیابی کیفی محصولات بکار گرفته شده و با توجه به نیاز مدل‌سازی، مدل "اندازه کارایی مبتنی بر متغیر شبکه‌ای" انتخاب گردیده است. بر اساس مدل پیشنهادی اطلاعات نهاده‌های تولیدی و نمودارهای کنترل کیفیت به عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های تکنیک مورد استفاده قرار خواهند گرفت، که در نتیجه خروجی مدل ضمن شناسائی کاراترین دامنه زمانی تولید محصول، از لحاظ شاخص کیفی در بازه نمره صفر تا یک به شناسائی محدودیت‌های هر افق زمانی می‌پردازد.

۳- پیشینه تحقیق

مطالعات انجام شده محقق در رابطه با پیشینه تحقیق حاکی از آن است که هم اکنون تحقیقات کنترل کیفی بیشتر به توسعه و بهبود نمودارهای کنترل موجود می‌پردازند. از جمله این تحقیقات می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: بعد از ارائه نمودارهای کنترل شوهارت که از نوع تک‌متغیره بوده یکی از زمینه‌های فعالیت محققین را معرفی نمودارهای چندمتغیره، بخود اختصاص داده است. اولین نمودار چندمتغیره توسط هتلینگ در سال ۱۹۴۷، طراحی گردید [۱] و تاکنون توسط محققین بسیاری ادامه داده شده است به عنوان مثال چیو و کئو (۲۰۰۸) نمودار کنترلی را برای متغیرهای پواسن معرفی کردند که از جمع متغیرها استفاده می‌کند. [۲] آپاریسی، اپرچت و گارسیا بوستس (۲۰۱۳) برای کنترل مشخصه‌های کیفی پواسن، نمودار چندمتغیره جدید LCP[2] را، بر مبنای رابطه خطی بین متغیرهای پواسن، طراحی کرده‌اند. [۳] همچنین یکی دیگر از موارد توسعه نمودارهای کنترل، معرفی نمودارهای کنترل است که مستقل از توزیع نرمال داده‌ها باشند. این نمودارها با بکارگیری روش‌های آمار ناپارامتریک ترسیم می‌گردند. از جمله این تحقیقات می‌توان به کارهای گیبن، چاکربرتیچ در سال ۲۰۰۳، همچنین بلاکریشنان و همکاران (۲۰۰۹) و آلبرز (۲۰۱۱) اشاره کرد. [۴]، [۵]، [۶]

نورالسناء و زهرا صدیقی(۱۳۹۱) در تحقیقی نمودار کنترل علامتی با اندازه نمونه متغیر برای کنترل کردن میانه فرآیند پیشنهاد کردند که در آن فرض نرمال بودن مشاهدات دیگر مورد نیاز نیست و در شناسایی تغییر در میانه فرآیند سریع‌تر عمل می‌کند. [۷] نیاکی، ملکی و ارشادی(۲۰۱۱) در تحقیقی راه حلی برای مشکلات طراحی اقتصادی و آماری- اقتصادی نمودارهای کنترل MEWMA[3] به وسیله الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات، پیشنهاد کرده‌اند. [۸] نشاط و محلوجی (۱۳۸۸) در تحقیقی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و همچنین روش ترکیبی تحلیل رگرسیون و ANNs[4]، به کنترل پیش‌بینانه کیفیت در فرآیند اسپری درایینگ پرداخته‌اند. [۹] نظام الدین و معصومی (۱۳۸۸) به وسیله شبکه‌های عصبی- فازی به تقویت روش‌های رایج کنترل فرآیند به وسیله‌ی طبقه‌بندی دو الگوی غیر طبیعی در نمودارهای کنترل کیفیت پرداخته‌اند. نتایج نهایی به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد ضریب اطمینان سیستم‌های

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

کنترل کیفیت به خصوص در زمینه نمودارهای کنترل کیفیت، تا حدود زیادی افزایش یافته است. [۱۰]

از نزدیک‌ترین تحقیقات انجام شده در رابطه با بکارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و نمودارهای کنترل شوهارت می توان به پژوهش‌های زیر اشاره نمود:

هوپس و تریانتیس (۲۰۰۱) برای شناسایی تولیدات غیر معمول و ارائه محکی از رخدادهای تولیدی، و ارزیابی مشخصه‌های محصول و فرآیند، شیوه‌ای مکمل در بهره‌گیری از دو رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و نمودار کنترل ارائه دادند. در این شیوه محققین نمودار کنترل را برای یک فرآیند طراحی نموده و با در نظر گرفتن مشخصه‌های تولید به عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های مدل DEA[۵] کارایی فرآیند را نیز تخمین زده‌اند.

سپس در رویکردی مکمل به تحلیل فرآیند مورد مطالعه با بررسی همزمان نقاط کارا و غیر کارا و همچنین نقاط داخل و خارج کنترل پرداخته‌اند. [۱۱] لازم به ذکر است در این مقاله رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها واحدها در افق زمانی صورت نمی‌گیرد و اطلاعات نمودارهای کنترل به عنوان ورودی مدل DEA استفاده نمی‌شود. تنها تلفیقی تحلیلی از دو روش ارائه می‌دهد.

به منظور طراحی نمودارهای کنترل سه پارامتر اندازه نمونه، فاصله بین دو نمونه‌گیری و ضریب حدود کنترل مورد نیاز است. محققان روش‌های متعددی مانند طراحی آماری، طراحی اقتصادی و غیره را برای طراحی بهینه نمودار کنترل مد نظر قرار داده‌اند مانند پژوهش سقایی، جابری و صاحبی (۱۳۹۲) که طراحی اقتصادی نمودار کنترل میانگین متحرک موزون نمایی را انجام داده‌اند. [۱۲] اخیراً طراحی چند هدفه مورد بررسی محققان قرار گرفته است، مانند کارهای چن و لیئو (۲۰۰۴) و اسدزاده و خوش الحان (۲۰۰۸) که برای طراحی بهینه نمودار کنترل $\bar{x}$ یک رویکرد چند هدفه با اهداف کاهش متوسط هزینه در ساعت و افزایش متوسط طول دنباله و توان نمودار کنترل، را بکار گرفتند و به کمک تحلیل پوششی داده‌ها مدل را حل نمودند. [۱۳]، [۱۴] همچنین بشیری، امیری، عسگری و درودیان (۲۰۱۳) طراحی بهینه نمودار کنترل np[۶] را با رویکردی مشابه انجام داده‌اند. [۱۵]

همچنین لازم است به نتایج تحقیقات در رابطه با تکنیک بکار رفته در این پژوهش اشاره نمود. از زمان معرفی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها تاکنون، مدل‌های متفاوت آن معرفی شده است. یکی از مدل‌های جدید این تکنیک " اندازه گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی (SBM)[۷] " توسط تون (۲۰۰۰) معرفی شده است. که بدلیل برتری‌هایش نسبت به مدل‌های مرسوم اساس این خودارزیابی قرار گرفته است. [۱۶] البته در مدل‌های معرفی شده نیز شاخه‌های متفاوتی از مطالعات وجود دارد. یکی از این شاخه‌های مطالعاتی، رویکرد شبکه‌ای نسبت به سیستم‌هایی است که تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در آنها بکار گرفته می‌شود. تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای اولین بار در کتابی توسط فار و گراسکوف معرفی شد. آنها DMUهای مدل‌های DEA را جعبه سیاه نامیدند زیرا عملکرد بخش‌های داخلی این DMUها در ارزیابی عملکرد نقشی نداشت. مطالعات آنها توسط نویسندگان زیادی ادامه داده شده است. [۱۷] سکستون و لوییس در سال ۲۰۰۳ در مقاله‌ای یک مدل شبکه‌ای دو مرحله‌ای را پیشنهاد کردند و در سال ۲۰۰۴ مدل خود را به صورت چند مرحله‌ای ارائه دادند. [۱۸] پریتو و زوفیو اندازه‌گیری کارایی شبکه‌ای را در قالب مدل ورودی- خروجی‌گرا کوپمن انجام دادند. آنها موفق به بهینه سازی تخصیص ورودی اولیه، محصول میانی و خروجی نهایی در تکنیک DEA شبکه‌ای شدند. [۱۹]

تون و تسوتسوی در مقاله‌ای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را برای مدل غیر شعاعی SBM توسعه دادند. [۲۰] این دو محقق، مدل پویای SBM را نیز در سال ۲۰۱۰ معرفی کردند و در سال ۲۰۱۴ در مقاله‌ای از ترکیب این دو تحقیق مدل شبکه‌ای پویا SBM، را بکار بستند که در این مقاله نوع ارتباطات بین بخش‌ها و محدودیت‌های تداوم فعالیت‌ها به صورت کامل‌تری معرفی گردیده است. [۲۱] و [۲۲]

۴- تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها روشی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) است که چندین ورودی و خروجی دارند. در روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها از برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌گردد و هیچ گونه فرض اولیه مبنی بر ارتباط تبعی بین نهاده‌ها و ستاده‌ها را در نظر نمی‌گیرد. اندازه‌گیری کارایی به دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است.

در سال ۱۹۷۵ فارل با استفاده از روشی مانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی اقدام به اندازه‌گیری کارایی برای یک واحد

download date: 1/26/2026 https://www.magiran.com/p1546535

تولیدی نمود. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مد نظر قرار داده بود شامل یک ورودی و یک خروجی بود. چارنز و کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه داده و مدلی را ارائه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این مدل تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت از آنجا که این مدل توسط چارنز و کوپر و رودز ارائه گردید به مدل CCR که از حرف اول نام سه فرد تشکیل شده است معروف گردید. هدف در این مدل اندازه‌گیری و مقایسه کارایی نسبی واحدهای سازمانی که دارای چندین ورودی و خروجی است، با فرض بازدهی ثابت به مقیاس، است. همچنین مدل دیگر، مدل ارائه شده توسط بنکر، چارنز و کوپر با عنوان BCC است که با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس طراحی شده است. [۲۳]

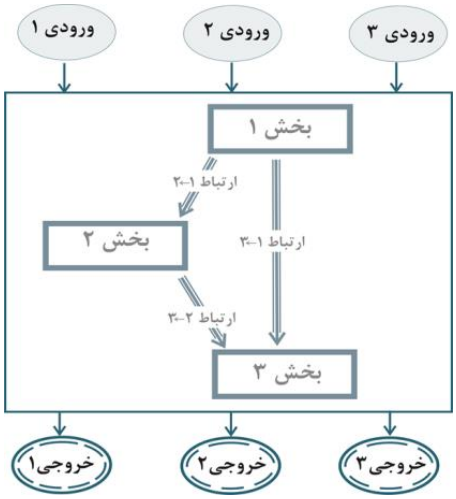
۱-۴ تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

مدل‌های مرسوم DEA در ارزیابی کارایی سازمان‌ها ارتباط بین فعالیت‌ها یا فعالیت‌های داخلی را نادیده می‌گیرند و توانایی مواجهه با سازمان‌های چند بخشی را ندارند. در میان مدل‌های مرسوم DEA دو رویکرد متداول برای اندازه‌گیری کارایی سازمان‌های چند بخشی وجود دارد:

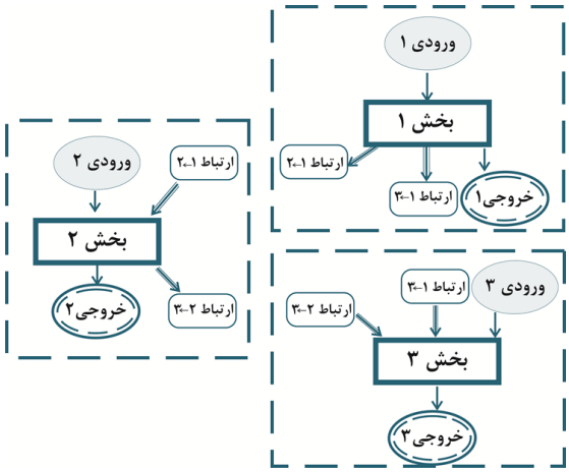
تجمیع (جعبه سیاه)[۸]: در یک رویکرد ساده بخش‌ها تجمیع شده و به عنوان یک شرکت در نظر گرفته می‌شوند. این رویکرد ارتباط فعالیت‌های داخلی را نادیده می‌گیرد و نمی‌تواند تاثیر ناکارایی بخش‌ها را بر کارایی کل شرکت محاسبه نماید. علاوه بر این در این حالت امکان انتخاب نامناسب ورودی‌ها و خروجی‌ها و ارزیابی غیر منطقی واحد تصمیم گیرنده وجود دارد.

تفکیک[۹]: رویکرد دوم، اندازه گیری کارایی بخش‌ها به صورت منفرد است. در این روش می‌توان کارایی هر بخش شرکت را در میان واحدهای تصمیم گیرنده اندازه‌گیری نمود. اما این رویکرد برای تداوم ارتباط بین بخش‌ها کاربرد ندارد.

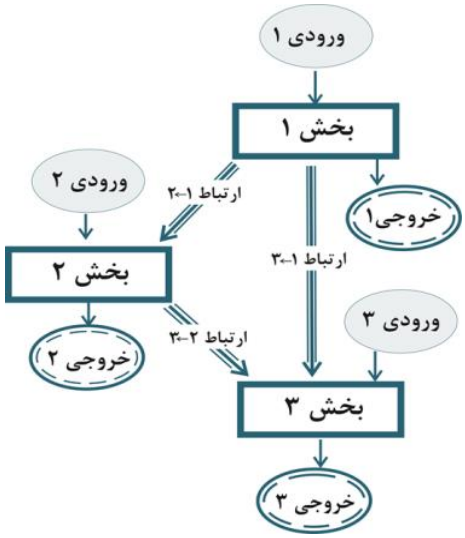
ملاحظات فوق منجر به در نظر گرفتن مدل "تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای" شده است، که کارایی بخشی و نیز کارایی کل را در یک چارچوب واحد و یکپارچه، محاسبه می‌کند. این مدل به این معنی است که کارایی کل واحدهای تصمیم گیرنده



شکل ۱: تجمیع بخش‌های سازمان در قالب جعبه سیاه



شکل ۲: تفکیک بخش‌های سازمان



شکل ۳: سازمان‌های چندبخشی

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

به عنوان هدف کلی در نظر گرفته می‌شود و کارایی بخش‌ها به عنوان اجزاء آن است. [۲۰]

۲-۴ مدل اندازه کارایی مبتنی بر متغیر کمکی

تعیین کارایی با استفاده از مدل‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس میزان فاصله هر واحد تصمیم‌گیری از مرز کارایی و نوع تصویر شدن آن بر روی مرز انجام می‌شود. دو نوع روش کلی در نحوه تصویر روی مرز عبارتند از شعاعی و غیر شعاعی. مدل‌های شعاعی در DEA، همانند BCC و CCR ورودی-ها و خروجی‌های غیرشعاعی را نادیده می‌گیرند. از این رو مدل-های غیرشعاعی واقعی‌تر می‌باشند. مدل راسل و SBM از انواع مدل‌های غیر شعاعی می‌باشند. [۲۴] در مدل‌های DEA ممکن است یک واحد تصمیم گیرنده با کارایی یک، به دلیل وجود متغیرهای کمبود (اسلک‌ها)، با مازاد ورودی و یا کمبود خروجی مواجه گردد. به همین دلیل اخیراً در برخی مقالات علمی بعد از استفاده از مدل‌های DEA، از روش‌های رتبه‌بندی واحدهای کارا استفاده می‌شود تا کاراترین واحدها مشخص گردند، این نقص در مدل غیر شعاعی SBM مرتفع گردیده است و این مدل نسبت به مدل‌های قبلی دارای این برتری است. اندازه SBM که برای اندازه‌گیری کارایی استفاده می‌شود تحت تغییر واحد اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌ها مثلاً نسبت به تغییر متر به کیلومتر پایا است.

این خاصیت به عنوان مستقل از بعد و مستقل از واحد شناخته می‌شود. [۲۵] همچنین این مدل به دلیل همین خاصیت، تقویت شده مدل جمعی، معرفی می‌شود. زیرا این مدل نیز همچون مدل جمعی، می‌تواند کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها را به طور همزمان انجام دهد. البته در مقالات بعدی نویسنده مدل‌های ورودی محور و خروجی محور SBM را نیز معرفی نموده است.

$$(SBM)\quad Min \quad \rho = \frac{1-\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} s_i^- / x_{i0}}{1+\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s} s_r^+ / y_{r0}}$$

$$s.t. \quad x_0 = X\lambda + s^-$$
$$y_0 = Y\lambda - s^+$$
$$\lambda \geq 0\,, s^- \geq 0\,, s^+ \geq 0$$

مدل ۱: اندازه مبتنی بر متغیر کمکی

برای حل این مدل، می‌توان با روش کوپر، چارنز و رودز؛ تابع هدف را به یک تابع خطی تبدیل نمود، و نتایج به شرح زیر است:

۱. DMUی (x.,y.) کارای-SBM است، اگر و فقط اگر $\rho^*=1$.

۲. مجموعه اندیس‌های نظیر $\lambda_j^* \geq 0$، مجموعه مرجع (x.,y.) نامیده می‌شود. [۱۶]

۳-۴ مدل اندازه مبتنی بر متغیر کمکی شبکه‌ای

فرض می‌شود n واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) شامل K بخش وجود دارد. پس m_k و r_k به ترتیب، تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های بخش K می‌باشند. همچنین ارتباط (پیوند[۱۰]) بخش K به بخش h با (k,h) و مجموعه پیوندها با L نمایش داده می‌شوند. s^{k+} (s^{k-}) مازاد ورودی (کمبود خروجی) یا اسلک‌ها می‌باشند. کارایی .DMU ؛ (n,....,۱ =۰) بدین صورت مشخص می‌گردد:

$$\rho^* = \min \quad \frac{\sum_{k=1}^{k} w^k \left[1-\frac{1}{m_k}\left(\sum_{i=1}^{m_k} s_i^{k-} / x_{i0}^k\right)\right]}{\sum_{k=1}^{k} w^k \left[1-\frac{1}{r_k}\left(\sum_{r=1}^{r_k} s_r^{k+} / y_{r0}^k\right)\right]}$$

$$x_0^k = X^k\lambda^k + s^{k-}$$
$$y_0^k = Y^k\lambda^k - s^{k+}$$
$$e\lambda^k = 1$$
$$\lambda^k \geq 0\,, s^{k-} \geq 0\,, s^{k+} \geq 0$$

مدل ۲:اندازه مبتنی بر متغیر کمکی شبکه‌ای

مسئله برنامه‌ریزی فوق نیازمند اضافه کردن محدودیت‌های مربوط به پیوندها با توجه به انواع ذیل است:

الف. پیوند " آزاد "

ارتباط فعالیت‌ها آزادانه تعیین می‌شوند (اختیاری) در حالیکه تداوم بین ورودی و خروجی دارند، این حالت به منظور بررسی ارتباط فعلی بکار می‌رود. میزان این پیوند ممکن است مقدار بهینه در برنامه‌ریزی خطی این مدل را کاهش یا افزایش دهد.

https://www.magiran.com/p1546535 download date: 1/26/2026

$$Z^{(k,h)}\lambda^h = Z^{(k,h)}\lambda^k$$

$$Z^{(k,h)} = \left(Z_1^{(k,h)}, \dots\dots, Z_n^{(k,h)}\right) \in R^{t(k,h)\times n}$$

ب. پیوند "ثابت"

در این حالت ارتباط فعالیت‌ها بدون تغییر (غیراختیاری) است، این مورد مربوط به موقعیت‌هایی می شود که محصول میانی خارج از کنترل DMU می‌باشد.

$$Z_0^{(k,h)} = Z^{(k,h)}\lambda^h$$

$$Z_0^{(k,h)} = Z^{(k,h)}\lambda^k$$

در این مدل $\sum_{k=1}^{k} w^k = 1$ و w^k وزن مرتبط با بخش k می‌باشد و با توجه به اهمیت آن تعیین می‌گردد. [۲۰] اما با توجه به توسعه محدودیت‌های مربوط به انواع پیوند میان بخش‌ها در مقاله تون و تسنسوی (۲۰۱۴)، بکارگیری پیوندهای ذیل برای مدل‌سازی پیشنهاد می شود:

الف) پیوند آزاد

پیوند فعالیت‌ها آزادانه (اختیاری) مشخص می‌گردند در حالیکه تداوم بین ورودی و خروجی دارند:

$$z^t_{(kh)free}\lambda^t_h = z^t_{(kh)free}\lambda^t_k \quad (\forall(kh)free, \forall t)$$

$$z^t_{(kh)free} = \left(z^t_{1(kh)free}, \dots\dots, z^t_{n(kh)free}\right) \in R^{l(kh)free \times n}$$

این مورد شامل حالت‌هایی می‌شود که هدف تعیین مناسب بودن یا نبودن جریان فعلی است. به عنوان مثال این نوع پیوند می‌تواند جواب بهینه برنامه خطی را افزایش یا کاهش دهد. در این مورد رابطه زیر بر قرار است:

$$z^t_{o(kh)free} = z^t_{(kh)free}\lambda^t_k + s^t_{o(kh)free}$$

ب) پیوند ثابت

پیوند فعالیت‌ها غیرقابل تغییر (غیراختیاری) می‌باشد. این مورد مربوط به موقعیت‌هایی می شود که محصول میانی خارج از کنترل مدیریت می‌باشد.

$$z^t_{o(kh)fix} = z^t_{(kh)fix}\lambda^t_h \quad (\forall(kh)fix, \forall t)$$

$$z^t_{o(kh)fix} = z^t_{(kh)fix}\lambda^t_k \quad (\forall(kh)fix, \forall t)$$

ج) پیوند "مشابه ورودی"

این پیوند، مشابه ورودی رفتار می‌کند و مازادش به عنوان ناکارایی ورودی محاسبه می‌شود.

$$z^t_{o(kh)in} = z^t_{(kh)in}\lambda^t_k + s^t_{o(kh)in}$$

د) پیوند "مشابه خروجی"

این پیوند مشابه خروجی از بخش قبلی عمل می‌کند و کمبودش به عنوان ناکارایی خروجی محاسبه می‌شود.

$$z^t_{o(kh)out} = z^t_{(kh)out}\lambda^t_k + s^t_{o(kh)out}$$

در تمامی این موارد شرط تداوم بین پیوند ورودی و خروجی باید حفظ گردد و متغیر t نشان‌دهنده دوره زمانی است. [۲۲]

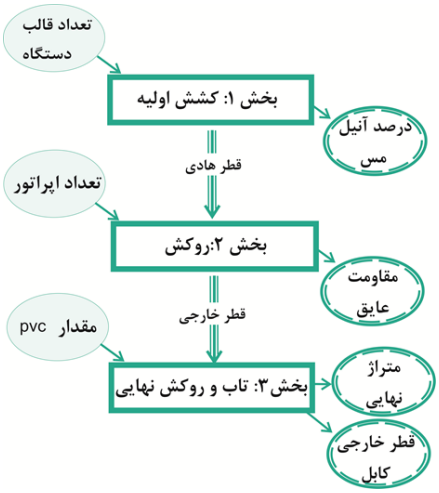
۵- مطالعه موردی:

در تحقیق پیش‌رو، بعد از انتخاب و ارائه مدل پیشنهادی، جهت به نتیجه رساندن تحقیق، مدل خود ارزیابی در یک مطالعه موردی بکارگرفته شده و تجزیه و تحلیل می‌شود. با توجه به مسئله تحقیق شرکت سیم و کابل مغان که یکی از پیشرفته‌ترین تولیدکنندگان داخلی سیم و کابل است، به عنوان مورد مطالعه انتخاب شد. این شرکت شرایط مورد نیاز تحقیق از لحاظ مدیریت کیفیت را دارا است و اجرای مدل روی محصولات این کارخانه امکان‌پذیر است. با توجه به تنوع محصولات کارخانه، از اطلاعات محصول" ۶*۲ مفتول" که از تولیدات متداول کارخانه و دارای عملیات مناسب برای مدل‌سازی است، استفاده شده است. همچنین به دلیل نیاز مدل به داده‌های زمانی، اطلاعات ۳ دوره چهار ماهه، سال‌های ۱۳۸۹و ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ و همچنین ۴ماهه اول سال ۱۳۹۲ این محصول استخراج گردید.

۵-۱ گام اول: تعیین مراحل تولید، ورودی‌ها و خروجی‌ها

برای مدل‌سازی محصول، فرآیند تولید را به عنوان بخش‌های مدل در نظر می‌گیریم. در این صورت مدل ارزیابی این محصول شامل ۳ بخش است.

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535



شکل ۴: فرآیند تولید محصول و ورودی و خروجی‌های کیفی

گام بعدی در مدل‌سازی تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های کیفی است. ابتدا مشخصه‌های تولیدی و کیفی مهم هر مرحله از مستندات کیفی که توسط کارشناسان تولید و استانداردها اندازه‌گیری شده استخراج گردید و سپس ورودی‌ها و خروجی‌های این مدل به شرح زیر انتخاب گردید.

مشخصه کیفی قطر خارجی کابل تحت تاثیر مشخصه‌های کیفی مراحل تولید محصول یعنی قطر هادی و قطر خارجی مرحله دوم تولید است. بدین دلیل این دو تست کنترل به عنوان ارتباط میان مراحل تولید در نظر گرفته شده‌اند تا تداوم تاثیر این دو مشخصه بر روی مشخصه کیفی نهایی به وسیله مدل شبکه‌ای لحاظ گردد.

۵-۲ گام دوم: تعیین هدف و نوع ورودی‌ها و خروجی‌ها

در مرحله قبل؛ ورودی‌ها، خروجی‌ها و پیوندهای مدل مشخص گردید. اما تابع هدف و محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی ریاضی نیازمند مشخص کردن نوع هر کدام از ورودی‌ها، خروجی‌ها و پیوندها با توجه به هدف تولید یا کیفیت، است. نوع و هدف متغیرهای مدل به تفکیک بخش مورد نظر در جداول زیر خلاصه شده است.

۵-۳ گام سوم: استخراج اطلاعات از نمودارهای کنترل

برای انجام خود ارزیابی همانطور که ذکر شد، ۱۰ دوره مختلف زمانی به عنوان DMUهای تکنیک در نظر گرفته می‌شود و نسبت به هم مورد سنجش قرار می‌گیرند. برای این منظور اطلاعات هر دوره چهار ماهه برای مشخصه‌های جداول گام قبل استخراج گردید. همانطور که در جداول ذکر شده است بدست آوردن حدود کنترل برای برخی پیوندها و خروجی‌ها مورد نیاز است بدین دلیل اطلاعات حاصل از نمونه برداری‌های بخش کنترل کیفیت کارخانه برای هر هفته استخراج گردید و در تعیین حدود کنترل [۲۶] مورد استفاده واقع شد. به عنوان مثال اطلاعات چهارماهه اول سال ۱۳۸۹ به صورت زیر استخراج گردیده است:

جدول ۱:تعیین هدف و نوع ورودی‌ها و خروجی‌های مراحل تولید

بخش اول:	طریقه محاسبه:	هدف :	نوع:
ورودی: تعداد قالب دستگاه	تعداد قالب در دستور تولید هر دوره زمانی، موجود است.	کاهش تعداد	ورودی مطلوب
خروجی: درصد آنیل	تعیین حدود نمودار $\bar{x}$ و R برای مشاهدات انجام شده در نمونه‌گیری‌ها	افزایش خط مرکزی	خروجی مطلوب
پیوند: قطر هادی	تعیین حدود نمودار $\bar{x}$ و R برای نمونه‌ها	کاهش قدرمطلق فاصله خط مرکزی تا مقدار استاندارد(۲,۷۱)	پیوند مشابه ورودی
بخش دوم:	**طریقه محاسبه:**	**هدف:**	**نوع:**
ورودی: تعداد اپراتور	تعداد اپراتور در دستور تولید هر دوره زمانی، موجود است.	کاهش تعداد اپراتور	ورودی مطلوب
خروجی: مقاومت عایق	تعیین حدود نمودار $\bar{x}$ و S برای مشاهدات انجام شده در نمونه‌گیری ها	افزایش خط مرکزی	خروجی مطلوب
پیوند: قطرخارجی	تعیین حدود نمودار $\bar{x}$ و R برای مشاهدات انجام شده در نمونه‌گیریها	کاهش قدرمطلق فاصله خط مرکزی تا مقدار استاندارد(۴,۴)	پیوند مشابه ورودی
بخش سوم:	**طریقه محاسبه:**	**هدف:**	**نوع:**
ورودی: میزان PVC مصرفی	میزان PVC مصرفی از اطلاعات تولید قابل استخراج است.	کاهش میزان مصرف PVC	ورودی مطلوب
خروجی ۱: مازاد متراژ	مازاد متراژ نهایی تولیدی از اطلاعات تولید قابل استخراج است.	افزایش متراژ نهایی	خروجی مطلوب
خروجی۲ و ۳: قطر خروجی کابل و انحرافات قطر خروجی	تعیین حدود نمودار $\bar{x}$ و S برای مشاهدات انجام شده در نمونه‌گیری	کاهش قدرمطلق فاصله خط مرکزی تا مقدار استاندارد (۱۱,۲)	خروجی نامطلوب
		کاهش انحراف معیار مشاهدات (کاهش δ_A)	خروجی نامطلوب

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

مرحله اول:

ورودی۱ (تعداد قالب): ۱۶

خروجی۱ (خط مرکزی نمودار $\bar{x}$): CL=۱۰

پیوند۱(قطر هادی): ۰,۰۲ =| ۲,۷۳ – ۲,۷۱ |= | CL – ۲,۷۱ |

مرحله دوم:

ورودی(تعداد اپراتور): ۲

خروجی(مقاومت عایق): CL=۰,۰۰۹

پیوند(قطر خارجی) ۰,۲ =| ۴.۶ – ۴,۴ | = | CL – ۴,۴ |

مرحله سوم:

ورودی(میزان PVC): ۰,۴ کیلوگرم بر متر

خروجی۱: ۵۰۵ متر

خروجی۲: ۰,۵ =| ۱۱,۷ – ۱۱,۲ |= | CL – ۱۱,۲ |

خروجی۳: ۰,۴۵=۰,۳۲*۱,۴۲۷ = A3S

اطلاعات تمامی دوره‌ها در ضمیمه "الف" آورده شده است.

۵-۴ گام چهارم: بکارگیری مدل اندازه مبتنی بر متغیر کمکی شبکه‌ای

در این بخش با بکارگیری مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، داده‌های جمع‌آوری شده برای کیفیت محصول، مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. بدین منظور باید ابتدا مدل برنامه‌ریزی ریاضی این محصول را فرموله کرد: ۱۰واحد تصمیم گیرنده (j=۱,...,۱۰)، هرکدام متشکل از ۳ بخش (k=۱،۲،۳) موجود است. تعداد ورودی‌های مطلوب m_1=۱ و m_2=۱ و m_3=۱ است و همچنین خروجی نامطلوبی وجود ندارد. تعداد خروجی‌های مطلوب r_1=۱ و r_2=۱ و r_3=۱ است و دو مورد از خروجی‌های بخش ۳، نامطلوب (هدف کاهش آنها را داریم) می‌باشند، با چنین خروجی‌هایی مشابه ورودی رفتار می‌شود. پس $r_3^{'}$=۲ که بیانگر تعداد خروجی‌های نامطلوب واحد۳ است. تعداد پیوندهای بخش یک به بخش دو $l_{1,2}$=۱، تعداد پیوندهای بخش دو به سه نیز $l_{2,3}$=۱ است. همچنین هر دو پیوند موجود از نوع "مشابه ورودی" هستند. وزن‌های تخصیص داده شده به بخش‌ها با توجه به اهمیتشان به ترتیب w^1=۰,۴ ، w^2=۰,۲ و w^3=۰,۴ است.

تابع هدف و محدودیت‌ها:

تابع هدف برای حل مسئله باید به فرم خطی تبدیل شود. برای این منظور از روش کوپر و چارنز و رودز استفاده می‌شود. فرم برنامه‌ریزی ریاضی در ضمیمه "ب" ارائه گردیده است.

۵-۵ گام پنجم: نتایج خود ارزیابی کیفی

مدل ارزیابی مبتنی بر تکنیک DEA، برای هر یک از دوره‌های زمانی، حل شده است و نتایج نمره خود ارزیابی کیفی کل بدست آمده است. بعد از این مرحله با قرار دادن متغیرهای مازاد و کمبود بدست آمده، در تابع هدف و تاثیر دادن ضرایب اهمیت مراحل تولیدی، نتایج نمره ارزیابی هر یک از مراحل تولیدی نیز بدست می آید. یکی دیگر از قابلیت‌های تکنیک DEA، معرفی واحدهای مرجع برای واحدهای ناکارا است، یکی از اهداف این خود ارزیابی الگو برداری از شرایط تولیدی دوره‌های زمانی با کیفیت بالاتر برای دیگر دوره‌ها بود که با معرفی واحدهای مرجع این هدف نیز محقق می شود.

جدول ۲: نتایج خود ارزیابی کیفی

دوره زمانی	نمره ارزیابی کیفی کل	نمره ارزیابی کیفی مرحله۱:	نمره ارزیابی کیفی مرحله۲:	نمره ارزیابی کیفی مرحله۳:
دوره۱ ۱۳۸۹	۰/۹	۰/۸۷۵	۰/۷۵	۱
دوره۲ ۱۳۸۹	۰/۹۵	۱	۰/۷۵	!
دوره۳ ۱۳۸۹	۰/۹۱	۰/۹۶	۱	۰/۸۲
دوره۱ ۱۳۹۰	۱	۱	!	۱
دوره۲ ۱۳۹۰	۰/۵۶	۰/۶۶	۰/۲۴	۰/۶۳
دوره۳ ۱۳۹۰	۰/۹۴	۱	۰/۸۳۴	۰/۹۳
دوره۱ ۱۳۹۱	۱	۱	۱	۱
دوره۲ ۱۳۹۱	۰/۸۲	۰/۶۷۸	۰/۷۵	۱
دوره۳ ۱۳۹۱	۰/۶۳	۰/۷۴	۰/۴	۰/۶۴
دوره۱ ۱۳۹۲	۱	۱	۱	۱

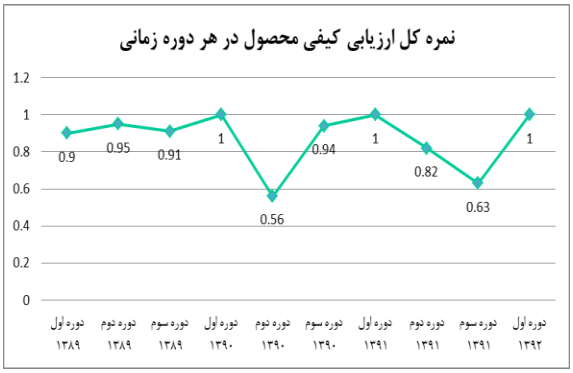
download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

جدول ۳: معرفی دوره‌های زمانی مرجع

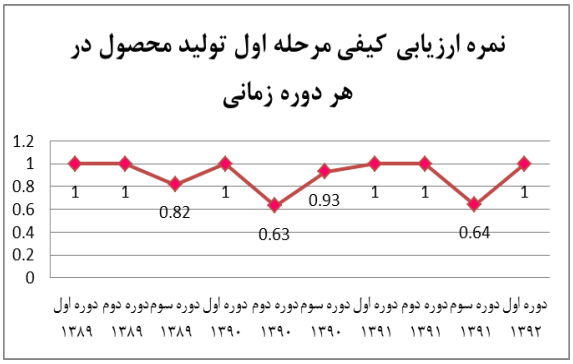
دوره زمانی	دوره زمانی مرجع		
	مرحله۱: (کشش اولیه سیم)	مرحله۲: (روکش سیم)	مرحله ۳: (تاب و روکش نهایی)
دوره۱ ۱۳۸۹	دوره۱سال ۱۳۹۱	دوره۱سال۱۳۹۲	دوره۱سال۱۳۸۹
دوره۲ ۱۳۸۹	دوره۱سال ۱۳۹۱	دوره۱سال۱۳۹۲	دوره۲ سال۱۳۸۹
دوره۳ ۱۳۸۹	دوره۳ سال ۱۳۹۰	دوره۳سال۱۳۸۹	دوره۱ سال۱۳۸۹
دوره۱ ۱۳۹۰	دوره۱سال ۱۳۹۰	دوره۱سال۱۳۹۰	دوره۱سال۱۳۹۰
دوره۲ ۱۳۹۰	دوره۱سال ۱۳۹۰ دوره۱سال۱۳۹۲	دوره۱سال۱۳۹۰ دوره۱سال۱۳۹۱	دوره۱سال۱۳۹۰
دوره۳ ۱۳۹۰	دوره۳سال۱۳۹۰	دوره۳سال ۱۳۸۹	دوره۲سال۱۳۸۹
دوره۱ ۱۳۹۱	دوره۱سال ۱۳۹۱	دوره۱سال۱۳۹۱	دوره۱سال۱۳۹۱
دوره۲ ۱۳۹۱	دوره۱سال ۱۳۹۰	دوره۱سال۱۳۹۰	دوره۲سال۱۳۹۱
دوره۳ ۱۳۹۱	دوره۱سال ۱۳۹۰ دوره۱سال۱۳۹۲	دوره۱سال۱۳۹۰ دوره۱سال۱۳۹۱	دوره۱سال۱۳۹۰
دوره۱ ۱۳۹۲	دوره۱سال ۱۳۹۲	دوره۱سال۱۳۹۲	دوره۱سال۱۳۹۲

۶-۵ گام ششم: رسم نمودارهای خود ارزیابی ابعاد کیفیتی

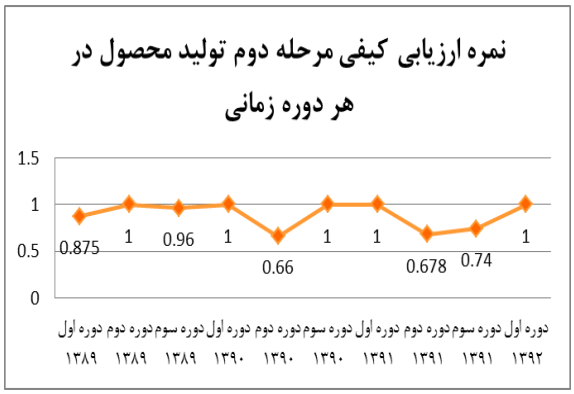
در ادامه نتایج ارزیابی کلی محصول و ارزیابی مراحل تولید محصول، به صورت نمودار آورده شده است.



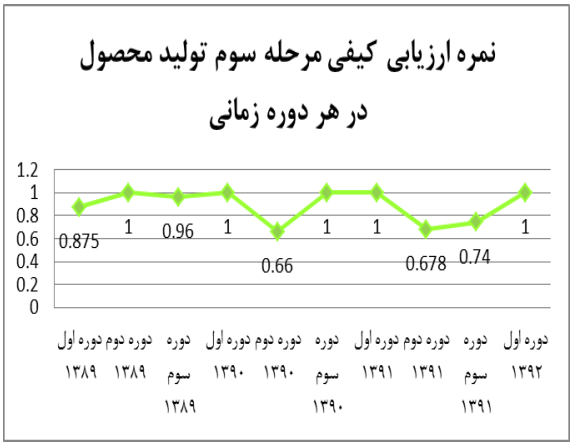
نمودار ۱: نمره کل ارزیابی کیفی محصول در هر دوره زمانی



نمودار ۲:نمره ارزیابی کیفی مرحله اول تولید محصول



نمودار۳ : نمره ارزیابی کیفی مرحله دوم تولید محصول



نمودار ۳: نمره ارزیابی کیفی مرحله سوم تولید محصول

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

- نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

با توجه به تفاوت ماهوی سازمان‌ها، خود ارزیابی به عنوان یکی از بهترین روش‌های ارزیابی محسوب می‌شود. سازمان‌ها می‌توانند فعالیت‌های خود را در افق زمانی مختلف برش‌زده و کارائی خود را در هر مقطع زمانی نسبت به سایر زمان‌ها ارزیابی نموده و دلایل کارائی و عدم کارائی خود را کشف نمایند. بکارگیری مدل "اندازه کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی شبکه‌ای " درخود ارزیابی کیفی محصولات به عنوان تکنیکی کارآمد بکارگرفته می‌شود و در این مقاله برای اولین بار وارد مباحث کنترل کیفی شده است. با بکارگیری این مدل در شرکت سیم و کابل مغان به عنوان مطالعه موردی، کاراترین دوره زمانی هر مرحله تولیدی در مقاطع مختلف زمانی نشان داده شد و از طرفی ناکارآمدی هر مرحله نیز مشخص می‌گردد. بطور مثال شرکت در دوره دوم سال ۱۳۹۰ نسبت به سایر دوره‌ها در پائین‌ترین بازدهی قرار دارد که جهت مشاهده علت ناکارمدی آن مدیریت می‌تواند به واحدهای مرجع سنوات کارا مراجعه نموده و تحلیل جامعی از عدم کارائی داشته باشد. با توجه به اینکه در مطالعه موردی برای تحلیل واحدهای تولیدی از تفاوت میانگین شاخص با میانگین-های هدف و کاهش انحرافات نمودارهای کنترل استفاده شده لذا پیشنهاد می‌شود سایر محققین از سایر ورودی‌ها و خروجی‌های کیفی استفاده نمایند و کنترل مشخصه‌های کیفی را در قالب کلامی و فازی مدل‌سازی نمایند. در پژوهش حاضر مدل شبکه-ای در دوره‌های زمانی به صورت کاملاً مستقل بکارگرفته شده اما می‌توان با بکارگیری مدل‌های پویای تحلیل پوششی داده‌ها و با در نظر گرفتن انتقال‌های مالی و اقتصادی و فنی بین دوره‌های زمانی، مدل پیشنهادی را تکامل داد.

۷- مراجع:

[1] Hotelling, H. (1947). "Multivariate Quality Control". InTechniques of Statistical Analysis .New York: McGraw-Hill.

[2] Chiu , J and Kuo , T.(2008)." Attribute control chart for multivariate Poisson distribution". Communications in Statistics–Theory and Methods .37:146–58.

[3] Aparisi , F. García-Bustos ,S and Epprecht , EK. (2013). "Optimal linear combination of Poisson variables for multivariate statistical process control". Computers & Operations Research 40. 3021–3032 .

[4] Gibbons, J.D. Chakraborti, S .(2003). "Nonparametric Statistical Inference". fourth edition. Marcel Dekker, New York.

[5] Balakrishnan, N . Triantafyllou, I.S and Koutras, M.V.(2009). "Nonparametric control charts based on runs and Wilcoxon-type rank-sum statistics". Journal of Statistical Planning and Inference 139. 3177 – 3192.

[6] Albers ,Willem.(2011) "Empirical nonparametric control charts for high-quality processes". Journal of Statistical Planning and Inference 141. 3151–3159.

[7] نورالسناء و زهرا صدیقی(۱۳۹۱). " طراحی بهینه نمودار کنترل علامت با اندازه نمونه‌متغیر" نشریه مهندسی و مدیریت کیفیت. دوره ۲، شماره۲

[8] Niaki,S.T.A. Malaki, M and Ershadi, M.J. (2011) ." A particle swarm optimization approach on economic and economic-statistical designs of MEWMA control charts". Scientia Iranica E 18 (6). 1529–1536.

[9] نشاط، نجمه. ملحوجی، هاشم (۱۳۸۸). "کنترل پیش‌بینانه کیفیت با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) و روش ترکیبی تحلیل رگرسیون و ANNs". نشریه مدیریت صنعتی. شماره ۳.

[10] فقیه، نظام الدین. معصومی، امیر عباس (۱۳۸۸). "کنترل فرآیند آماری عصبی- فازی". نشریه مدیریت صنعتی. شماره ۳ پاییز و زمستان. ص۸۳ تا ۹۸.

[11]Hoopes, B.J. and Triantis, K.P. (2001). "Efficiency Performance, Control Charts, and Process Improvement: Complementary Measurement and Evaluation" IEEE transactions on engineering management , vol. 48, no. 2.

[12] سقایی، جابری و صاحبی (۱۳۹۲) " طراحی اقتصادی نمودار کنترل میانگین متحرک موزون نمایی با درنظر گرفتن خطای اندازه‌گیری" نشریه مهندسی و مدیریت کیفیت. دوره ۳، شماره۱

[13]Chen, Y.K. and Liao, H.C. (2004) "Multi-criteria design of an X control chart ." Computers and Industrial Engineering 46(4): 877-891

[14]Asadzadeh, S. and Khoshalhan, F. (2008) "A DEA Based MODM Model for Designing X Control Chart." LAENG international journal of applied

https://www.magiran.com/p1546535 download date: 1/26/2026

European Journal of Operational Research 197. 243–252.

[21] Tone, Kaoru and Tsutsui, Miki. (2010). " Dynamic DEA: Aslacks-based measure approach". Omega.145-156.

[22] Tone, Kaoru and Tsutsui, Miki.(2014)." Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach ".Omega 42. 124–131

[23] مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳). "مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها (تحلیل پوششی داده‌ها)". انتشارات دانشگاه تهران. دانشکده مدیریت. تهران.

[24] آصفی، ت و داوودی، ع (۱۳۹۰). " طراحی یک سیستم مبتنی بر دانش برای تشخیص کانال توزیع انتخابی مشتریان به کمک DEA ". دومین کنفرانس مدیریت اجرایی.

[25]کوپر، سیفورد و تون (۱۳۸۷). "تحلیل پوششی داده‌ها؛ مدل‌ها و کاربردها". ترجمه: میرحسنی، علی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. تهران.

[26] Montgomery, D.C. (2009)." Introduction to Statistical Quality Control". 6th Edition. John Wiley and Sons, New York.

mathematics. 38(3).

[15]Bashiri, M. Asgari, A. Amiri, A. and Doroudyan, M.H. (2013) " Multi-objective Efficient Design of np Control Chart Using Data Envelopment Analysis" International Journal of Engineering.vol 26. No. 6.

[16] Tone , Kaoru (2001). "A slack based measure of efficiency in data envelopment analysis ". European Journal of Operational Research 130; 498-509.

[17] Färe , R and Grosskopf, S(1996). "Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA." Kluwer Academic Publishers. Boston.

[18] Sexton, H.F. Lewis, Two-stage DEA: An application to major league. baseball, Journal of Productivity Analysis 19 (2003) 227–249.ciences 34 .35-49.

[19] Prieto, A.M and Zofio, J.L. (2007) . "Network DEA efficiency in input–output models: With an application to OECD countries". European Journal of Operational Research 178 . 292–304.

[20] Tone, Kaoru and Tsutsui, Miki. (2009) " Network DEA: A slacks-based measure approach "

ضمیمه الف:

دوره زمانی	مرحله اول		مرحله دوم		مرحله سوم			ارتباطات	
	ورودی۱	خروجی۱	ورودی۱	خروجی۱	ورودی۱	خروجی۱	خروجی۲	خروجی۳	پیوند۲-۱	پیوند ۳-۲
دوره۱ ۱۳۸۹	۱۶	۱۰	۲	۰/۰۰۹	۰/۴	۵۰۵	۰،۵	۰/۴۵	۰/۰۲	۰/۲
دوره۲ ۱۳۸۹	۱۲	۱۰	۲	۰/۰۰۹	۰/۵	۵۰۰	۰/۸	۰/۵	۰/۰۲	۰/۲
دوره۳ ۱۳۸۹	۱۴	۷	۳	۰/۰۰۸	۰/۴	۵۰۵	۰/۸	۰/۵	۰/۰۳	۰/۲
دوره۱ ۱۳۹۰	۱۲	۱۰	۱	۰/۰۰۸	۰/۴	۵۱۰	۰/۵	۰/۴	۰/۰۱	۰/۱
دوره۲ ۱۳۹۰	۱۶	۱۲	۴	۰/۰۰۷	۰/۵	۵۰۰	۱	۰/۶	۰/۰۳	۰/۳
دوره۳ ۱۳۹۰	۱۲	۷	۳	۰/۰۰۸	۰/۵	۵۰۰	۱	۰/۵	۰/۰۳	۰/۳
دوره۱ ۱۳۹۱	۱۲	۱۰	۲	۰/۰۰۹	۰/۵	۵۱۵	۰/۵	۰/۴	۰/۰۲	۰/۱
دوره۲ ۱۳۹۱	۱۴	۱۰	۲	۰/۰۰۸	۰/۵	۵۰۰	۱	۰/۵۵	۰/۰۲	۰/۱
دوره۳ ۱۳۹۱	۱۶	۱۲	۳	۰/۰۰۸	۰/۶	۵۰۰	۰/۸	۰/۵۵	۰/۰۳	۰/۳
دوره۱ ۱۳۹۲	۱۴	۱۲	۱	۰/۰۰۹	۰/۶	۵۱۵	۰/۵	۰/۴	۰/۰۲	۰/۲

download date: 1/26/2026
https://www.magiran.com/p1546535

ضمیمه ب :

$$\theta_{.}^{*} = \min \frac{\sum_{k=1}^{K} w^k \left[1 - \frac{1}{m_k + linkin_k + r'_k}\left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_{io}^{k-}}{x_{i.}^{k}} + \sum_{(kh)_l=1}^{linkin_k} \frac{s_{o(kh)_l in}}{z_{o(kh)_l in}} + \sum_{r'=1}^{r'_k} \frac{s_{r'o}^{k+}}{y_{r'.}^{k}}\right)\right]}{\sum_{k=1}^{K} w^k \left[1 + \frac{1}{r_k}\left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_{ro}^{k+}}{y_{r.}^{k}}\right)\right]}$$

Subject to:

$$x_{i.}^{k} = X_i^k \lambda^k + s_i^{k-}$$

$$y_{r.}^{k} = Y_r^k \lambda^k - s_r^{k+}$$

$$y_{r'.}^{k} = Y_{r'}^k \lambda^k + s_{r'}^{k+}$$

$$\sum \lambda^k = 1$$

$$z_{(kh)in} \lambda_k = z_{(kh)in} \lambda_h \quad (\forall (kh) in)$$

$$z_{o(kh)in} = z_{(kh)in}\, \lambda^k + s_{o(kh)in} \quad (kh)in = 1, \dots\dots, linkin_k$$

$$\lambda^k \geq \cdot, s_i^{k-} \geq \cdot, s_r^{k+} \geq \cdot, s_{r'}^{k+} \geq \cdot, s_{o(kh)in}$$

https://www.magiran.com/p1546535 download date: 1/26/2026

۱ Decision Making Unit
۲ linear combination of the Poisson variables
۳ Multivariate Exponentially Weighted Moving Average
٤ Artificial Neural Network
٥ Data envelopment analysis
٦ Nonconforming Product
۷ Slack-based measure
۸ Aggregation (Black Box)
۹ Separation
۱۰ link