طراحی آماری- اقتصادی نمودار کنترل *np* با استفاده از بهینه‌سازی چندهدفه و *DEA* با مقادیر خاکستری

امیر امینی

دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، مؤسسه آموزش عالی الغدیر، تبریز، ایران

سید حامد میرطالب

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

علیرضا علی‌نژاد*

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

چکیده: روش‌های کنترل کیفی آماری، اساس سنجش عملکرد و بهره‌وری فرآیند می‌باشند. نمودارهای کنترل از پرکاربردترین ابزارهای کنترل آماری بوده و نقش مهمی در ارتقا کیفیت فرآیندها و محصولات ایفا می‌کنند. اصلی‌ترین هدف پیاده‌سازی آنها شناسایی انحراف(ها) و انجام اقدامات اصلاحی برای رفع ریشه انحراف است. کاربردهای فنی نمودارهای کنترل تعیین اندازه نمونه، فرکانس نمونه‌گیری و حدود کنترل می‌باشد که به آن طراحی نمودار کنترل اطلاق می‌شود. در بیشتر تحقیقات انجام شده برای طراحی نمودار nP ، فقط یک انحراف بادلیل را به عنوان عامل از کنترل خارج شدن نمودار درنظرگرفته‌اند درحالی‌که چندین انحراف در صنعت می‌توانند نقش داشته باشند. بدین منظور در این تحقیق به طراحی و توسعه آماری-اقتصادی نمودار کنترل nP، بمنظور کاهش هزینه‌ها و متوسط زمان شناسایی و افزایش توان نمودار با استفاده از مقادیر خاکستری و درنظرگرفتن انحرافات بادلیل متعدد پرداخته شده است. در این راستا بمنظور دستیابی به مقادیر بهینه این پارامترها، یک مسئله چندهدفه با سه محدودیت تعریف شده است که هر ترکیب ممکن از پارامترها را به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری درنظر گرفته ایم. سپس با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و روش‌های رتبه بندی،کاراترین طرح برای تصمیم گیرنده تعیین شده است. در ادامه تحقیق تحلیل حساسیت بر روی برخی پارامترهای مدل انجام شده است و تاثیر این پارامترها بر روی مقادیر بهینه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، نمودار کنترل nP، تصمیم‌گیری چند هدفه، تئوری خاکستری.

۱-مقدمه

کیفیت در اقتصاد جهانی در طی دهه‌های اخیر فشار فزاینده‌ای به شرکت‌های تولیدی وارد نموده است، شرکت‌ها مقدار قابل ملاحظه‌ای از منابع خود را برای بهبود برنامه‌های کیفیت اختصاص داده‌اند. تلاش‌ها در زمینه برنامه‌های تضمین کیفیت تا آنجا ادامه پیدا کرد که بازرسی صددرصد حذف شد و ضایعات و دوباره‌کاری محصول نهایی کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد [۱]. در این بین موثرترین راهی که تاکنون برای کنترل کیفیت محصولات پیدا شده است، روش‌های آماری می‌باشد. با توجه به این که تغییرپذیری، یک پدیده دائمی و جزء لاینفک همه محصولات است و مشخصه کیفی هر محصول تغییر می‌کند، روش‌های آماری موثرترین وسیله بررسی و کنترل این تغییرات است. ابزارهای کنترل فرآیند آماری که از طریق کاهش تغییرات محصولات خروجی، سعی در حل مسئله و بهبود قابلیت یک فرآیند و تثبیت آن دارند، به ابزارهای هفتگانه کیفیت معروف هستند. از میان ابزارهای هفتگانه کنترل فرآیند آماری، نمودار کنترل مهمترین و پیچیده‌ترین آن‌ها می‌باشد. متداول‌ترین آن‌ها، نمودار کنترل شوهارت[۵] [۲] است که در سال ۱۹۲۶ معرفی شد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۰

*(Corresponding author) alalinezhad@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

هر محصول یا فرآیند، دارای مشخصه های کیفیت متعددی می باشد که سطح کیفیت آن محصول براساس مشخصه های کیفیت تعیین می شود. به علت این تعدد و عدم توانایی تهیه نمودار کنترل تمام مشخصه های کیفیت یک محصول، مشخصه کیفیت باید انتخابی باشد. معمولا انتخاب مشخصه کیفیت براساس اینکه این مشخصه موردنظر به عملکرد، شکل و یا اندازه مهمی از محصول یا فرآیند وابسته باشد و یا متعلق به یک موقعیت راهبردی در فرآیند تولید باشد.

براساس اینکه بر حسب هفت واحد اصلی طول، زمان، جریان برق، درجه حرارت، جرم و شدت و یا یکی از واحدهای منتج شده از آن ها اندازه گیری شود و یا اینکه بر حسب مقیاس اسمی یا ترتیبی اندازه گیری شود، مشخصه کیفیت را به ترتیب پیوسته یا گسسته نامند. بر این اساس، نمودارهای کنترل آماری به دو دسته نمودارهای کنترل مشخصه های کیفیت پیوسته (متغیر) و گسسته (وصفی) تقسیم می شوند [۳]. نمودارهای کنترل بطور گسترده‌ای جهت نظارت بر پایداری و قابلیت فرایند مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۴]. کاربرد مهندسی نمودارهای کنترل نیازمند تعدادی تصمیمات فنی می‌باشد، یکی از این تصمیمات مهم فنی طراحی نمودار کنترل است که منوط به انتخاب پارامترهایی از قبیل اندازه نمونه (n)، بازه نمونه گیری (h) و حدود کنترل (d) می‌باشد. انتخاب این سه پارامتر می-تواند بصورت ابتکاری، آماری و اقتصادی باشد که هر یک دارای نقاط ضعف و قوت می‌باشند. طراحی ابتکاری یکی از روش‌های متداول در صنعت می‌باشد که معمولا با ۴ یا ۵ نمونه در هر ساعت با حدود کنترل ۳σ انجام می‌شود [۵]. اهداف ابتدایی شرکت‌ها در اجرای فرآیندهای تولیدی، دستیابی به حداکثر سود می‌باشد بنابراین بطور گسترده مطالعه نمودارهای کنترل بوسیله یک روش اقتصادی، دید کلی در حالت تئوری و کاربردی می‌دهد. دانکن[۲] [۶] در سال ۱۹۵۶ اولین مدل را برای طراحی اقتصادی نمودار کنترل $\bar{x}$ پیشنهاد کرد. وی در این مدل فقط ویژگی‌های اقتصادی را درنظر گرفته بود و فرض کرد که فقط یک انحراف بادلیل باعث از کنترل خارج شدن نمودار می‌شود. در این مدل، سازوکار شکست فرایند به صورت نمایی توزیع می شد. بعدها با استفاده از مدل شوک ماکروین[۳]مدل مذکور توسط پژوهشگرانی همچون جیبرا[۴]، مونت گومری[۵] و ونس[۶] توسعه داده شد. این پیشرفت تا سال ۱۹۶۸ یعنی هنگامی که کاربرد کامپیوتر برای حل مسائل رایج شد ثابت باقی ماند. از آن سال به بعد، پیشرفت سریع طراحی اقتصادی نمودار $\bar{x}$ و نمودار کنترل تجمعی جمعی[۷] بوسیله محققان مختلفی از قبیل دانکن [۷]، گیبرا [۸] و [۹]، چیو[۸] [۱۰] و [۱۱]، گویل[۹] [۱۲]، تیلور و آپرمن[۱۰] [۱۳]، تیلور [۱۴] و [۱۵] و ... ادامه یافت. در صنایع تولیدی درنظرگرفتن انحرافات بادلیل بسیار رایج‌تر از درنظرگرفتن یک انحراف بادلیل است. به همین دلیل، دانکن [۱۶] مدل خود را از یک انحراف بادلیل به چندین انحراف بادلیل گسترش داد. وی از توزیع نمایی در سازوکار شکست خود استفاده کرد. سانیگا[۱۱] [۱۷] در سال ۱۹۸۹ طراحی اقتصادی- آماری نمودارهای کنترل $\bar{x}$ و R را معرفی کرد. در سال ۱۹۹۳ وانگ و چن[۱۲] [۱۸] با استفاده از بهینه سازی خاکستری به طراحی اقتصادی آماری نمودار کنترل nP پرداختند. وودال[۱۳] [۱۹] در سال ۱۹۹۷ نشان داد که مدل‌های قبلی نمودار $\bar{x}$ که بوسیله چیو [۱۰]، دانکن [۶] و [۷]، مونت گومری [۲۰] و همچنین نمودار nP که توسط چیو [۱۰] و [۱۱]، دانکن [۱۶] و گیبرا [۹] و [۲۱] ارائه شده‌اند، همگی حالت خاصی از مدل لورنزن و وانس[۱۴] [۲۲] می‌باشند.

وودال [۲۳] معتقد بود که طراحی اقتصادی نمودارهای کنترل بر جنبه‌های هزینه بیش از ابعاد آماری آن تمرکز دارد. طراحی آماری نمودار کنترل براساس ویژگی‌های آماری آن، مثل خطای نوع اول و دوم می‌باشد. این روش نمودارهایی با توان بالا و خطای نوع اول پایین را برای کشف انحراف(های) بادلیل با هزینه بالا طراحی می‌کند. بنابراین معایب طرح‌های آماری و اقتصادی، با درنظرگرفتن همزمان جنبه‌های هر دو طرح برطرف می‌شود.. رحیم و بانرجی[۱۵] [۲۴] یک روش شکست فرایند توزیع شده ویبال[۱۶]را زمانی که نرخ شکست افزایش یافته و طرح نمونه گیری یکپارچه نباشد، متصور شدند. ایشان همچنین احتمال تعمیر وابسته به عمر قبل از خرابی را در نظر گرفتند. الئورینی و رحیم[۱۷] [۲۵] یک طرح اقتصادی- آماری از نمودارهای $\bar{x}$ را برای فرایندی با روش شکست گاما[۱۸]ارائه کردند. در سال ۲۰۰۴، چن و لیائو[۱۹] [۲۶] به طراحی نمودار کنترل $\bar{x}$ با استفاده از روش‌های چندمعیاره پرداختند. آنها در این روش از مدل پایه دانکن استفاده کردند و پس از بدست آوردن مقادیر اقتصادی و آماری با توجه به جواب‌های مختلف، به تعریف یک مسئله چندهدفه با اهداف آماری و اقتصادی پرداختند و با استفاده از روش پارتو جواب‌های موجه را تعیین کرده و کاراترین طرح را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها معرفی کرده‌اند. گیو و دان[۲۰] [۲۷] با استفاده از روش پیش‌بینی خاکستری نمودارهای کنترل جدیدی طراحی کردند. در سال ۲۰۰۷، گیو و همکارانش[۲۱] [۲۸] برای نمودارهای کنترل کیفی با متغیرهای تصادفی فازی به طراحی اقتصادی نمودارهای کنترل پرداختند. یکی از معایبی که می‌توان در مدل آن‌ها اشاره کرد استفاده از اعداد فازی و پیچیدگی ریاضیات فازی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

در سال ۲۰۰۹، کایا[۲۲][۲۹] با ارائه یک الگوریتم ژنتیک مقادیر بهینه اندازه نمونه[۲۳]را برای نمودارهای کنترل با مشخصه‌های وصفی و کمی بدست آورد. وی از این الگوریتم بمنظور تعیین جواب‌های نامغلوب استفاده کرد. پس از آن اسدزاده و خوش الحان[۲۴][۳۰] متوسط زمان تا اعلان هشدار[۲۵] را با علل تخصیص چندگانه درنظر گرفته شده به مدل چن و لیائو افزودند. در سال ۲۰۱۰، نیاکی و همکارانش[۲۶][۳۱] به طراحی اقتصادی و اقتصادی آماری نمودارهای کنترل MEWMA با استفاده از تابع از دست دادن ترکیبی تاگوچی پرداختند.

بشیری و همکارانش[۲۷][۳۲] به طراحی چند هدفه اقتصادی آماری نمودار کنترل $\bar{x}$ با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند، آن‌ها از الگوریتم ژنتیک بمنظور تعیین جواب‌های بهینه پارتو برای طراحی نمودار کنترل پرداختند. همچنین آن‌ها در سال ۲۰۱۳ [۳۳] به طراحی نمودار کنترل nP با درنظر گرفتن یک انحراف بادلیل پرداختند و چندین طرح را به عنوان واحد کارا انتخاب کردند. همچنین تحقیقات مختلفی راجع به طراحی نمودارهای کنترل تعداد نقص در واحد بازرسی (C) نیز انجام شده است [۳۴] و [۳۵] و [۳۶]. اما بیشتر تحقیقات انجام شده به بررسی نمودارهای کنترل پیوسته پرداخته‌اند در حالی‌که نمودارهای گسسته کاربرد بسزایی در صنایع تولیدی دارند. اگر بخواهیم بر تعداد اقلام معیوب یک فرآیند تولیدی نظارت داشته باشیم می‌توان از نمودار کنترل P استفاده کرد. نمودار nP یک پیشنهاد مناسب برای نمودار P می‌باشد که بمنظور نظارت بر تعداد اقلام معیوب استفاده می‌شود.

هدف از این تحقیق طراحی اقتصادی-آماری نمودار کنترل nP با درنظر گرفتن انحرافات بادلیل و رتبه بندی کامل پارامترهای مدل می‌باشد. نحوه ارائه مطالب بدین نحو است که در قسمت دوم، مدل پایه دانکن را با درنظر گرفتن انحرافات بادلیل بهبود می‌دهیم. در قسمت سوم، به بیان مدل چندهدفه و نحوه تعیین جواب فوق کارا با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و دو روش رتبه بندی پرداخته خواهد شد. در قسمت چهارم روش تحقیق شرح داده می‌شود و با ذکر یک مثال عددی پارامترهای بهینه بدست می‌آیند، سپس با استفاده از تحلیل حساسیت، تاثیر تغییرات پارامترهای ورودی بر روی جواب بهینه بررسی می‌گردد. سرانجام نتیجه گیری آخرین بخش مقاله را تشکیل می‌دهد.

۲- ادبیات پژوهش

در این بخش، مدل پایه دانکن با درنظرگرفتن انحرافات بادلیل برای طراحی نمودار کنترل nP تعمیم داده شد. در ابتدا فرض می‌شود که فرآیند تحت کنترل است سپس بطور تصادفی فرآیند به علت وقوع علت غیرتصادفی j ام با نرخ λ_j که دارای توزیع نمایی می‌باشد، مختل می‌گردد. زمان بین دو رخداد متوالی دارای توزیع نمایی با میانگین زمانی $\frac{1}{\lambda}$ می‌باشد. در نمودار nP تعداد گزینه‌های معیوب دارای توزیع باینری با میانگین np_0 می‌باشد. هنگامی که در فرآیند، تغییر با دلیل j ام (δ_j) باعث از کنترل خارج شدن نمودار گردد میانگین تغییرات از p_0 به p_{1j} تغییر می‌کند که بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$p_{1j} = p_0 + \delta_j\sqrt{p_0(1-p_0)} \qquad (۱)$$

با توجه به درنظرگرفتن ویژگی‌های آماری بمنظور طراحی نمودار کنترل خطای نوع اول و دوم به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$\alpha = 1 - \sum_{x=0}^{d} \frac{n!}{x!\,(n-x)!}(p_0)^x(1-p_0)^{n-x} \qquad (۲)$$

$$\beta_j = \sum_{x=0}^{d} \frac{n!}{x!\,(n-x)!}(p_{1j})^x(1-p_{1j})^{n-x} \qquad (۳)$$

زمانی که فرآیند به سمت حالت خارج از کنترل می‌رود احتمال این که بوسیله هر نمونه شناسایی شود برابر با قدرت نمودار (P) می‌باشد.

$$1-\beta_j = P_j$$
$$P_j = 1 - \sum_{x=0}^{d} \frac{n!}{x!\,(n-x)!}(p_{1j})^x(1-p_{1j})^{n-x} \qquad (۴)$$

در معادلات (۲)، (۳) و (۴)، مقدار d بیانگر تعداد گزینه‌های معیوب می‌باشد. در صورتی‌که تعداد اقلام معیوب بیشتر از d باشد، فرآیند خارج ار کنترل قرار می‌گیرد بنابراین متوسط زمان بین وقوع j امین و $(j+1)$ امین انحراف بادلیل در بین نمونه‌ها برابر با τ_j می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

$$\tau_j = \frac{\int_{jh}^{(j+1)h} \lambda_j e^{-\lambda_j t}(t-jh)dt}{\int_{jh}^{(j+1)h} \lambda_j e^{-\lambda_j t}dt} = \frac{1-(1+h\lambda_j)e^{-\lambda_j h}}{\lambda_j(1-e^{-\lambda_j h})} \quad (۵)$$

اگر زمان برداشتن و بازرسی نمونه را با g، هزینه ثابت نمونه گیری را با b، هزینه متغیر نمونه‌گیری با c و هزینه هر هشدار را با T نشان دهیم بنابراین تعداد نمونه‌هایی که باید برداشته شود در حالی که نمودار تحت کنترل می‌باشد از معادله (۶) بدست می‌آید:

$$S = \sum_{x=0}^{\infty}\left[\int_{ih}^{(i+1)h} i\lambda e^{-\lambda x}\,dx\right] = \frac{e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} \quad (۶)$$

همچنین اگر D_j بیانگر متوسط زمان برای تشخیص علت j ام، M_j، هزینه از دست رفته به دلیل تولید اقلام معیوب در زمان وقوع علت j ام و W_j، هزینه برای شناسایی علت j ام باشد متوسط تعداد هشدارهای اشتباه در هر سیکل از معادله (۷) بدست می‌آید:

$$A = \alpha S = \frac{\alpha e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} \quad (۷)$$

بازه زمانی برای یک فرآیند از دو حالت تحت کنترل و خارج از کنترل تشکیل شده است درنتیجه تابع مدت زمان یک فرآیند عبارت است از:

$$E_{CT} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\sum_{j=1}^{n}\lambda_j\left(\frac{h}{p_j}-\tau_j\right)}{\lambda} + gn + \frac{\sum_{j=1}^{n}\lambda_j D_j}{\lambda} = \frac{1+\sum_{j=1}^{n}\lambda_j B_j}{\lambda} \quad (۸)$$

حال با توجه به تعریف بازه‌های زمانی و بدست آوردن تابع مدت زمان یک فرآیند، می‌توان تابع هزینه فرآیند را در هر ساعت بدست آورد. تابع هزینه کل را می‌توان به چند بخش هزینه‌های نمونه‌گیری و آزمایش، هزینه‌های مرتبط با جستجوی هشدار اشتباه و هزینه مورد انتظار در حالت خارج از کنترل تقسیم نمود. هزینه مورد انتظار در هر سیکل زمانی را با E_{cc} و هزینه مورد انتظار در هر ساعت را با E_{Hc} نشان می‌دهند.

$$E_{cc} = \frac{(b+cn)E_{CT}}{h} + \frac{T\alpha e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} + \frac{\sum_{j=1}^{s} w_j\lambda_j}{\lambda} + \frac{\sum_{j=1}^{s} M_j\lambda_j\beta_j}{\lambda} \quad (۹)$$

$$E_{Hc} = \frac{E_{cc}}{E_{CT}} = \frac{b}{h} + \frac{cn}{h} + \frac{\sum_{j=1}^{s} M_j\lambda_j\beta_j + \sum_{j=1}^{s} w_j\lambda_j + \lambda AT}{1+\sum_{j=1}^{s}\lambda_j\beta_j} \quad (۱۰)$$

تابع هزینه E_{Hc} یک تابع پیوسته از سه متغیر n، h و d می‌باشد. در مدل‌های اقتصادی مقدار بهینه E_{Hc} با توجه به ترکیب‌های مختلفی از (n,h,d) بدست می‌آید که طرح با کمترین هزینه به عنوان بهترین طرح انتخاب می‌شود. در صورتی‌که ویژگی‌های آماری و اقتصادی بطور همزمان برای تعیین پارامترهای بهینه استفاده شوند می‌توان مسئله را بصورت یک مدل چندهدفه تعریف کرد.

۳-روش پژوهش

۳-۱- طراحی مسئله چند هدفه نمودار کنترل nP (nP-MOESD)

پس از تعریف مفاهیم اولیه، اگر بخواهیم بین ویژگی‌های آماری و اقتصادی ارتباط برقرار سازیم، کافیست مسئله را بصورت یک مسئله چندهدفه بیان کنیم. هدف اصلی تصمیم‌گیری چندهدفه، یافتن جوابی است که بتواند در بین تمامی اهداف هماهنگی برقرار کند. بدین منظور در این تحقیق یک مدل با چهار هدف و سه محدودیت تعریف شده است.

$$\begin{aligned} &min\ E_{Hc}(k)\\ &min\ ATS(k)\\ &max\ ARL(k)\\ &max\ P(k)\\ &s.t:\\ &\quad \alpha \le\otimes \alpha_u\\ &\quad ATS_j \le ATS_{uj}\\ &\quad P_j \ge\otimes P_{uj} \end{aligned} \quad (۱۱)$$

که در آن متوسط طول دنباله[۲۸] و متوسط زمان تا اعلان هشدار علت j ام (ATS_j) می‌باشد. همچنین $\otimes P_{uj}$، $\otimes \alpha_u$ و ATS_{uj} به ترتیب مقدار خاکستری حداقل توان نمودار و

Archive of SID

www.SID.ir

حداکثر α و ATS می‌باشد که بوسیله تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شوند. با تجزیه و تحلیل اهداف ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ARL باعث افزایش خطای نوع دوم و کاهش توان نمودار می‌گردد بنابراین دو تابع سوم و چهارم متضاد هستند. افزایش توان نمودار منجر به افزایش سطح کیفیت محصولات خروجی شده اما از طرف دیگر باعث کاهش خطای نوع اول می‌شود. در صورتی‌که بخواهیم حداکثر مقدار ARL و P را داشته باشیم کافیست مقدار n افزایش یابد که افزایش مقدار n باعث افزایش هزینه در هر ساعت می‌گردد، بنابراین درنظرگرفتن تابع هزینه بصورت مینیمم، الزامی می‌باشد. به منظور حل این مسئله روش‌های متعددی پیشنهاد شده است که تحلیل پوششی داده‌ها یکی از قدرتمندترین و معروف‌ترین روش‌ها برای بهینه کردن مقادیر DMU ها می‌باشد.

۲-۳- تحلیل پوششی داده‌ها

رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها[۲۹]ابزاری قدرتمند برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها به صورت کارایی نسبی شان می‌باشد. DEA روشی غیرپارامتری در آنالیز عملی می‌باشد. واحدهای آن اغلب به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده[۳۰]هستند. DMU مستقیما با درجات مشابه یا ترکیبات آن مقایسه می‌شود. تحلیل پوششی داده‌ها در اداره فرایندهای پیچیده مؤثر می‌باشد به طوری که این DMU ها از ورودی‌های چندگانه برای تولید خروجی چندگانه استفاده می‌کند. همچنین این روش امکان نگرش جدید به فعالیت‌هایی را هم که قبلا به روش‌های دیگر ارزیابی شده‌اند، فراهم کرده است [۳۷].

این روش برای ارزیابی و مقایسه کارایی نسبی واحدهای مشابه تصمیم گیری که وظایف یکسانی انجام می‌دهند کاربرد دارد [۳۸]. تحلیل پوششی داده‌ها، به علت توانایی در مقایسه واحدها یا شرکت‌های گوناگون، امروزه به عنوان یک ابزار قوی در الگوبرداری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۹]. با استفاده از این مدل یک مرز یا الگو (مبنای مقایسه) از واحدهای تصمیم گیری که دارای بهترین عملکرد هستند، ساخته می‌شود آن گاه کارایی واحدهای مورد نظر نسبت به آن مرز اندازه گیری (سنجیده) می‌شود [۴۰].

هدف مدل DEA تعیین کارایی واحدهای مختلف براساس میزان خروجی‌های تولیدی آن‌ها در برابر میزان ورودی‌های مصرفی است. مدل ریاضی کارایی واحد تصمیم‌گیری j ام (DMU_j) بصورت زیر بیان می‌گردد:

$$E_j(u) = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \qquad (۱۲)$$

با توجه به مفهوم تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان برای این مسئله، دو هدف آماری را که بصورت حداکثرسازی می‌باشد را به عنوان خروجی و اهداف هزینه و ATS را که بصورت حداقل‌سازی درنظرگرفته شده است را به عنوان ورودی درنظر بگیریم. بنابراین مدل DEA با دو ورودی و دو خروجی خواهیم داشت. بر اساس طبیعت روش DEA فرض می‌شود که هر یک از ترکیب پارامترها یعنی (n,h,d) به عنوان یک واحد تصمیم-گیری درنظرگرفته شود. برای بدست آوردن مقادیر اوزان ورودی و خروجی روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله روش‌های معمول می‌توان به روش CCR و BCC اشاره نمود. در این تحقیق از مدل CCR بمنظور بدست آوردن کارایی واحدها استفاده شده است زیرا هدف این مدل حداکثر مقدار کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری در بین تمام مجموعه‌های طراحی می‌باشد. همچنین با توجه به این قضیه که تفاوتی بین انتخاب امتیاز کارایی مشابه ندارد از حالت بازگشت به مقیاس ثابت استفاده شده است. منظور از بازگشت به مقیاس ثابت این است که با تغییر یکواحد در ورودی‌ها، خروجی‌ها نیزبانسبت ثابت تغییر (کاهش یا افزایش) می‌کنند.

اگر وزن‌های متناظر با خروجی i را با v_i که $(i = 1,2,\cdots,m)$ و وزن‌های متناظر با ورودی r را با u_r که $(r = 1,2,\cdots,s)$ نمایش دهیم و y_{rj} و x_{ij} به ترتیب خروجی و ورودی واحد تصمیم‌گیری j (DMU_j) باشند که $(j = 1,2,\cdots,n)$ و y_{rj}^* و x_{ij}^* خروجی‌ها و ورودی‌های آن DMU_j^* باشند که ارزش‌گذاری می‌شود، بنابراین مدل CCR در حالت CRS خروجی محور به صورت معادله (۱۳) می‌باشد [۴۱]:

$$Minimize\ E_p(k) = \sum_{r=1}^{s} v_i x_{ip}(k)$$

$$s.t:$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_r y_{rp}(k) = 1 \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}(k) - \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}(k) \le 0 \quad , \quad j = 1,2,\cdots,n$$

$$u_r \ge 0 \quad , \quad r = 1,2,\cdots,s$$

Archive of SID
www.SID.ir

$$v_i \geq 0 \quad , \quad i = 1,2,\cdots,m$$

۳-۳- مدل *RAM*

تعدادی از واحدهای تصمیم‌گیرنده که در مدل *DEA* کارا ارزیابی می‌شوند دارای نمره کارایی یک هستند، پس هیچ تمایزی بین آن‌ها از لحاظ تئوری وجود ندارد. اغلب تصمیم گیرنده‌ها در صدد رتبه بندی کاملی از *DMU* ها هستند، تا بتوانند عملکرد آن‌ها را بهتر ارزیابی کنند و در جهت بهبود بیشتر پیش روند. تا به حال روش‌های مختلفی، برای رتبه بندی واحدهای کارا و ناکارا ارائه شده و مقالات زیادی در این زمینه منتشر یافته است. که هر یک از این روش‌ها دارای نقاط قوت و ضعفی می‌باشند. وانگ و همکارانش [۴۲] و [۴۳]، دو مدل برای تخمین اوزان بر پایه مدل‌های آنالیز رگرسیونی با فاصله اقلیدسی ارائه کردند که به مدل *RAW* معروف می‌باشد. در صورتی‌که فرض کنیم E_j^* مقدار کارایی برای n واحد تصمیم-گیرنده باشد. از نظر تجزیه و تحلیل رگرسیون معادله (۱۲) می‌تواند بصورت یک معادله غیرخطی رگرسیونی باشد. بنابراین بدست آوردن مقدار کارایی هدف، واحد j ام با توجه به E_j^* دارای مطلوبیت بیشتری می‌باشد.

$$E_j^* - \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} = 0 \ , \ j = 1,\cdots,n \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - E_j^* \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} = 0 \ , \ j = 1,\cdots,n \qquad (۱۵)$$

از آنجایی که کارایی هدف، با توجه به مجموعه اوزان ورودی و خروجی مختلفی بدست می‌آید، برازش کارایی محاسبه شده بوسیله اوزان معمول (بجز مواردی با یک ورودی و یک خروجی) تقریبا غیر ممکن می‌باشد. معادلات (۱۴) و (۱۵) با ورودی و خروجی متعدد را درنظر نگرفته‌اند. بنابراین می‌توان با استفاده از معادلات (۱۶) و (۱۷) این ضعف را برطرف نمود.

$$Min\ Z = \sum_{j=1}^{n} \left(E_j^* - \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \right)^2 \qquad (۱۶)$$

$$s.t: \begin{cases} u_r \geq 0, & r = 1,\cdots,s \\ v_i \geq 0, & i = 1,\cdots,m \end{cases}$$

$$Min\ W = \sum_{j=1}^{n} \left(\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - E_j^* \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \right)^2$$

$$s.t:$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r \left(\sum_{j=1}^{n} y_{rj} \right) + \sum_{i=1}^{m} v_i \left(\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \right) = n \qquad (۱۷)$$

$$u_r \geq 0, \quad r = 1,\cdots,s$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1,\cdots,m$$

هر دو مدل (۱۶) و (۱۷) بر پایه مدل‌های آنالیز رگرسیون با فاصله اقلیدسی می‌باشند. بطور معمول در این مدل‌ها از فواصل دیگری مثل فاصله منهتن (نرم یک) و چبیشف (نرم بی نهایت) بمنظور ایجاد اوزان مشترک استفاده می‌شود، اما هیچ تضمینی برای رتبه بندی کامل *DMU* ها به تصمیم‌گیرنده نمی‌دهند. مقدار E_j با استفاده از معادله (۱۲) و اوزان ورودی و خروجی بدست آمده بوسیله یکی از دو مدل فوق محاسبه می‌گردد و با توجه به مقادیر بدست آمده، *DMU* ها رتبه بندی خواهند شد.

۴- یافته

۴-۱- مثال عددی

در این بخش از داده‌های دانکن با تغییرات جزئی، بمنظور نشان دادن نتایج حاصل از مدل پیشنهادی استفاده شده است. تعداد علت‌های معین برابر با هفت می‌باشد. هنگامی که علت j ام با میانگین رخداد λ_j اتفاق می‌افتد تغییری به اندازه δ_j در میانگین فرآیند ایجاد می‌کند که مقادیر آن‌ها در جدول (۱) ذکر شده است.

جدول ۱. داده‌های مسئله (یو و هو، ۲۰۰۶) [۴۴]

δ_j	λ_j	D_j	W_j	M_j
۱	۰/۰۰۲۲۵	۰/۴۹۵	۴۹/۴۶	۱۴/۳۳۹
۱/۵	۰/۰۰۱۷۵	۰/۳۸۵	۳۸/۲۵	۴۲/۱۰۸
۱/۸	۰/۰۰۱۵۲	۰/۳۳۲	۳۳/۱۶	۷۲/۵۲۸
۲	۰/۰۰۱۳۶	۰/۳	۳۰	۱۰۰
۲/۲	۰/۰۰۱۲۳	۰/۲۷۱	۲۷/۱۵	۱۳۳/۵۳۲
۲/۵	۰/۰۰۱۰۶	۰/۲۳۴	۲۳/۳۶	۱۹۴/۴۷

Archive of SID
www.SID.ir

۳۱۵/۱۴۹	۱۸/۲	۰/۱۸۲	۰/۰۰۰۸۳	۳

روش حل مدل پیشنهادی بدین شرح می‌باشد:

گام اول: بمنظور بدست آوردن مقادیر بهینه پارامترهای طراحی با توجه به مدل طراحی شده، باید برخی از مقادیر مسئله چند هدفه (سمت راست محدودیت‌ها) تعیین و پارامترهای طراحی محدود گردد. محدوده این پارامترها برای این مدل بصورت زیر معین می‌شوند:

- اندازه نمونه بین ۱ تا ۴۰ با فاصله گامی برابر یک
- فرکانس نمونه‌گیری بین ۰/۵ تا ۶ با فاصله گامی برابر ۰/۵
- و مقدار d که بین صفر تا n با فاصله گامی برابر یک می‌باشد.

بنابراین با توجه به محدوده تعریف شده برای پارامترهای طراحی، ترکیب‌های مختلفی از آن‌ها بصورت (n,h,d) تشکیل می‌شود. هر یک از این ترکیب‌ها به عنوان یک DMU درنظرگرفته می‌شود. همچنین مقادیر $P_{uj}\otimes$، $\alpha_u\otimes$ و ATS_{uj} با توجه به شرایط مسئله توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌گردد.

گام دوم: با استفاده از روش سفیدسازی اعداد خاکستری و ویژگی‌های آن، مدل چند هدفه جدید تشکیل می‌شود.

$$\widetilde{\otimes}=\theta a+(1-\theta)b \quad , \quad \theta\epsilon[0,1] \qquad (۱۸)$$

گام سوم: در این مرحله مقایر P_j، α و ATS_j برای هر یک از ترکیب‌های تعیین شده، محاسبه می‌گردد و با توجه به محدودیت‌های تعیین شده جواب‌های موجه بدست می‌آیند. هر یک از این جواب‌های موجه با اندازه نمونه یکسان در مجموعه‌ای بنام Q_n جمع‌آوری می‌شوند.

گام چهارم: جواب نامغلوب یا[۳۶] استفاده از روش پارتو در هر یک از Q_n ها تعیین می‌گردد. جواب نامغلوب در هر مجموعه Q_n بدین معناست که هیچ جواب دیگری را نمی‌توان در مجموعه مشابه پیدا کرد که از نظر ویژگی‌های آماری و اقتصادی بر جواب‌های دیگر غلبه کند.

گام پنجم: تمام جواب‌های بدست آمده از مرحله قبل در مجموعه‌ای بنام W جمع آوری می‌شوند. سپس با استفاده از DEA واحدهای کارا تعیین می‌گردند.

گام ششم: رتبه واحدهای کارا با استفاده از روش RAM بدست می‌آید و بهترین طرح به تصمیم‌گیرنده معرفی می‌شود. مقادیر g و $p_0\otimes$ در این مسئله به ترتیب برابر ۰/۰۵ و [۰/۰۳، ۰/۰۱] می‌باشد. همچنین مقادیر پارامترهای هزینه مدل دانکن در جدول (۲) بیان شده است.

جدول ۲. پارامترهای هزینه مدل دانکن (دانکن، ۱۹۷۸) [۱۶]

پارامترهای هزینه	ارزش (برحسب دلار)
T	۲۵
B	۱
C	۰/۱

مقادیر $P_{uj}\otimes$، $\alpha_u\otimes$ و ATS_{uj} در این مسئله به ترتیب برابر با [۰/۱، ۰/۰۵]، [۰/۹۵، ۰/۹] و ۴ درنظر گرفته شده است. به منظور حل این مسئله به ترتیب مراحل ذکر شده را انجام داده و جواب‌های نامغلوب تعیین می‌گردند. سپس با توجه به مقادیر مذکور و استفاده از مدل پیشنهادی، واحدهای کارا با بهره‌گیری از نرم افزار *DEA-Solver* در هر دو حالت خروجی و ورودی محور انتخاب می‌شوند. که نتایج حاصل از آن را می‌توان در جدول (۳) خلاصه نمود.

نتایج نشان می‌دهد که بطور در هر دو حالت ورودی و خروجی محور، همزمان هفت واحد تصمیم‌گیری (طرح) به عنوان واحدهای کارا انتخاب شده‌اند. حال اگر بخواهیم تنها یک طرح را به عنوان بهترین طرح به تصمیم‌گیرنده معرفی کنیم می‌توان با استفاده از اوزان $(v_i u_r,)$ بدست آمده بوسیله روش RAM و بکارگیری نرم افزار *LINGO*، طرح‌های کارا رتبه‌بندی شوند. نتایج حاصل از مقادیر اوزان $(v_i u_r,)$ با استفاده از دو روش RAM در جدول (۴) خلاصه شده است. پس از بدست آوردن اوزان ورودی و خروجی با استفاده از معادله کارایی (۱۲) طرح‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

۲-۴- تحلیل حساسیت

در این بخش با تحلیل حساسیت پارامترهای ورودی هزینه و زمان، پایدار بودن مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار می‌گیرد و جدول (۷) میزان تاثیر تغییرات پارامترهای ثابت مدل مثل هزینه ثابت نمونه‌گیری (b)، هزینه متغیر نمونه‌گیری (c)،

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. نتایج حاصل از مثال حل شده با استفاده از نرم افزار *DEA-Solver* در حالت خروجی محور

ARL	*P*	E_{Hc}	*ATS*	α	*H*	*d*	*n*	
۸۴/۵۴۷۱۳	۰/۹۲۹۶۴۲	۴/۴۵۱۵۸۷	۲/۳۲۴۱۰۵	۰/۰۱۱۸۲۸	۲/۵	۲	۲۴	*DMU 1*
۸۴/۵۴۷۱۳	۰/۹۲۹۶۴۲	۴/۴۴۵۴۰۴	۲/۷۸۸۹۲۶	۰/۰۱۱۸۲۸	۳	۲	۲۴	*DMU 2*
۷۵/۵۰۹۱۵	۰/۹۳۸۴۳۵	۴/۵۴۳۶۸۴	۲/۳۴۶۰۸۷	۰/۰۱۳۲۴۳	۲/۵	۲	۲۵	*DMU 3*
۶۷/۷۸۹۸۹	۰/۹۴۶۱۱۵	۴/۶۳۸۱۴۵	۲/۳۶۵۲۸۸	۰/۰۱۴۷۵۱	۲/۵	۲	۲۶	*DMU 5*
۶۱/۱۵۲۷۶	۰/۹۵۲۸۳	۴/۷۳۴۶۵۲	۲/۳۸۲۰۷۵	۰/۰۱۶۳۵۲	۲/۵	۲	۲۷	*DMU 7*
۹۵۶/۵۵۹۲	۰/۹۳۹۷۷۲	۵/۵۲۶۳۳۵	۳/۲۸۹۲۰۳	۰/۰۰۱۰۴۵	۳/۵	۴	۳۹	*DMU 36*
۸۵۰/۹۲۴۵	۰/۹۴۵۵۲۳	۵/۶۰۴۱۲۲	۲/۸۳۶۵۶۸	۰/۰۰۱۱۷۵	۳	۴	۴۰	*DMU 39*

جدول ۴. اوزان بدست آمده با استفاده از معادلات (۱۶) و (۱۷)

شماره معادله / مقادیر اوزان	با استفاده از معادله (۱۶)	با استفاده از معادله (۱۷)
u_1	۵/۶۶۰۵۳۵	۰/۴۹۰۳۲۸
u_2	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱۲۵
v_1	۰/۳۲۳۶۷۹	۰/۰۲۹۶
v_2	۱/۰۱۶۰۶۵	۰/۰۸۷۱

جدول ۵. نتایج حاصل از رتبه‌بندی با استفاده از معادله (۱۶) روش *RAM*

رتبه طرح ها	$E_j(u)$	*ARL*	*p*	E_{Hc}	*ATS*	
۱	۱/۰۲۱۴۵۲	۸۴/۵۴۷۱۳	۰/۹۲۹۶۴۲	۴/۴۵۱۵۸۷	۲/۳۲۴۱۰۵	*DMU 1*
۶	۰/۹۹۲۷۳۲	۸۴/۵۴۷۱۳	۰/۹۲۹۶۴۲	۴/۴۴۵۴۰۴	۲/۷۸۸۹۲۶	*DMU 2*
۲	۱/۰۰۹۲۴۴	۷۵/۵۰۹۱۵	۰/۹۳۸۴۳۵	۴/۵۴۳۶۸۴	۲/۳۴۶۰۸۷	*DMU 3*
۵	۰/۹۹۶۴۲۱	۶۷/۷۸۹۸۹	۰/۹۴۶۱۱۵	۴/۶۳۸۱۴۵	۲/۳۶۵۲۸۸	*DMU 5*
۷	۰/۹۸۳۱۴۶	۶۱/۱۵۲۷۶	۰/۹۵۲۸۳	۴/۷۳۴۶۵۲	۲/۳۸۲۰۷۵	*DMU 7*
۳	۱/۰۰۲۹۰۰	۹۵۶/۵۵۹۲	۰/۹۳۹۷۷۲	۵/۵۲۶۳۳۵	۳/۲۸۹۲۰۳	*DMU 36*
۴	۰/۹۹۶۳۱۵	۸۵۰/۹۲۴۵	۰/۹۴۵۵۲۳	۵/۶۰۴۱۲۲	۲/۸۳۶۵۶۸	*DMU 39*

جدول ۶. نتایج حاصل از رتبه‌بندی با استفاده از معادله (۱۷) روش *RAM*

رتبه طرح ها	$E_j(u)$	*ARL*	*p*	E_{Hc}	*ATS*	
۱	۱/۰۲۰۶۸۷۰۴۷	۸۴/۵۴۷۱۳	۰/۹۲۹۶۴۲	۴/۴۵۱۵۸۷	۲/۳۲۴۱۰۵	*DMU 1*
۶	۰/۹۹۳۵۳۴۶۴۷	۸۴/۵۴۷۱۳	۰/۹۲۹۶۴۲	۴/۴۴۵۴۰۴	۲/۷۸۸۹۲۶	*DMU 2*
۲	۱/۰۰۸۳۹۷۴۰۷	۷۵/۵۰۹۱۵	۰/۹۳۸۴۳۵	۴/۵۴۳۶۸۴	۲/۳۴۶۰۸۷	*DMU 3*
۵	۰/۹۹۵۴۸۵۶۳۶	۶۷/۷۸۹۸۹	۰/۹۴۶۱۱۵	۴/۶۳۸۱۴۵	۲/۳۶۵۲۸۸	*DMU 5*
۷	۰/۹۸۲۱۱۸۷۹۳	۶۱/۱۵۲۷۶	۰/۹۵۲۸۳	۴/۷۳۴۶۵۲	۲/۳۸۲۰۷۵	*DMU 7*
۳	۱/۰۰۳۳۹۸۷۳۸	۹۵۶/۵۵۹۲	۰/۹۳۹۷۷۲	۵/۵۲۶۳۳۵	۳/۲۸۹۲۰۳	*DMU 36*
۴	۰/۹۹۵۴۶۵۰۳۹	۸۵۰/۹۲۴۵	۰/۹۴۵۵۲۳	۵/۶۰۴۱۲۲	۲/۸۳۶۵۶۸	*DMU 39*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای هزینه و زمان

پارامتر متغیر	مقدار تغییر	N	d	h	E_{Hc}	P	ATS	ARL
b	۰/۱	۲٤	۲	۲	٤/۱۲۹٤۸۱	۰/۹۲۹٦٤۲	۱/۸٥۹۲۸٤	۸٤/٥٤۷۱۳
	٥	۲٤	۲	٤	٥/٦۱۳٦٥۹	۰/۹۲۹٦٤۲	۳/۷۱۸٥٦۸	۸٤/٥٤۷۱۳
c	۰/۰۱	۲٤	۲	۲/٥	٤/٤٥۱٥۸	۰/۹۲۹٦٤۲	۲/۳۲٤۱۰٥	۸٤/٥٤۷۱۳
	۰/٥	۲٤	۲	٤	۷/۰۱۳٦٥۹	۰/۹۲۹٦٤۲	۳/۷۱۸٥٦۸	۸٤/٥٤۷۱۳
g	۰/۰۱	۲٤	۲	۲/٥	۳/٥٥٤۸۹٦	۰/۹۲۹٦٤۲	۲/۳۲٤۱۰٥	۸٤/٥٤۷۱۳
	۰/۲٥	۲٤	۲	۲/٥	۸/٦۹٥٥۱۱	۰/۹۲۹٦٤۲	۲/۳۲٤۱۰٥	۸٤/٥٤۷۱۳
T	۱۰	۲٤	۲	۲/٥	٤/۳۸۳٥٤٤	۰/۹۲۹٦٤۲	۲/۳۲٤۱۰٥	۸٤/٥٤۷۱۳
	٥۰	۲٤	۲	۲/٥	٤/٥٦٤۹۷٥	۰/۹۲۹٦٤۲	۲/۳۲٤۱۰٥	۸٤/٥٤۷۱۳

هزینه هر هشدار (T) و زمان برای برداشتن و بازرسی هر نمونه (g) را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده از تحلیل حساسیت این پارامترها به شرح زیر است:

۱- کاهش هزینه‌های ثابت و متغیر نمونه‌گیری منجر به کاهش فرکانس نمونه‌گیری و هزینه قابل انتظار در هر ساعت می‌شود.

۲- در صورتی‌که زمان برای شناسایی و تست نمونه‌ها تغییر پیدا کند تاثیری بر روی انتخاب پارامترهای طرح نداشته و فقط هزینه با توجه به افزایش و کاهش زمان تغییر پیدا می‌کند.

۳- تغییر در هزینه جستجو (T) تاثیر کمی بر روی پارامتر هزینه داشته و پارامترهای طرح بهینه بدون تغییر باقی می‌ماند.

در انتها برای ارزیابی مدل پیشنهادی، یک مثال عددی با توجه به داده‌های مدل پایه دانکن و برخی تغییرات ذکر شده و استفاده از گام‌های پیشنهادی حل مدل و درنظرگرفتن محدودیت‌های خاکستری حل گردید. با توجه به محدودیت‌هایی که برای پارامترهای طراحی نمودار لحاظ شده بود تعداد کل طرح‌های قابل بررسی در این مثال برابر با ۱۹۲۰۰=۴۰×۱۲×۴۰ می‌باشد که در بین این جواب‌ها، ۴۰ طرح به عنوان طرح‌های نامغلوب و موجه انتخاب شدند. سپس با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها هفت طرح به عنوان طرح کارا معرفی شدند. در انتها نیز با استفاده از روش *RAM* طرح‌ها بطور کامل رتبه‌بندی گردید و طرح (۲/۵، ۲، ۲۴) به عنوان طرح برتر انتخاب شد. برای حل این مدل از نرم افزار تخصصی تحلیل پوششی داده‌ها *DEA-Solver* و نرم افزار *Lingo* 11 بمنظور بدست آوردن اوزان استفاده گردید. همچنین با تجزیه و

۵- نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق ارائه مدل چند هدفه اقتصادی-آماری برای طراحی نمودار کنترل *np* در حضور چندین انحراف بادلیل در شرایط عدم قطعیت می‌باشد که می‌توان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و روش رتبه‌بندی (*RAM*) برپایه آنالیز رگرسیونی بهترین طرح را از بین طرح‌های موجه انتخاب نمود. مدل پیشنهادی بخوبی ضعف‌های مدل‌های قبلی که بدون درنظرگرفتن انحرافات بادلیل در طراحی نمودار کنترل *np* ارائه شده‌اند را پوشش می‌دهد. همچنین از لحاظ ویژگی‌های آماری در مقایسه با مدل‌های مشابه بهبود یافته است و رتبه‌بندی دقیق‌تر و منطقی‌تر طرح‌های کارا از دیگر مزیت‌های این مدل می‌باشد.

تحلیل حساسیت، تاثیر پارامترهای مدل بررسی شد که با تغییر در پارامترهای هزینه ثابت و متغیر نمونه‌گیری، فرکانس نمونه-گیری طرح‌های بهینه تغییر پیدا کرد. اما با تغییر پارامترهای زمان برای شناسایی و تست نمونه‌ها و هزینه جستجو هر هشدار، تغییر جزئی بر روی پارامترهای طراحی نمودار بوجود آمد. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می شود که:

۱) از الگوریتم‌های فرا ابتکاری بمنظور بدست آوردن جواب نامغلوب در خصوص طراحی نمودار کنترل *np* استفاده کرد زیرا در صورتی‌که بخواهیم فرکانس نمونه‌گیری را به بازه‌های کوچکتر تقسیم نماییم فضای جواب و زمان حل آن افزایش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲) علت‌های غیرتصادفی در گروه‌های مختلف براساس میزان تاثیر (کم، متوسط و زیاد) آن‌ها بر روی میانگین تغییرات دسته‌بندی گردند و با توجه به اعداد فازی تخصیص یافته به آن‌ها، طرح بهینه انتخاب گردد.

۳) این مدل برای طراحی نمودار *nP* استفاده شده است که می‌توان این مدل را برای طراحی نمودارهای کنترل *CUSUM* و *EWMA* نیز استفاده نمود.

مراجع

[1] Burr, J.T. (2005*). Elementary Statistical Quality Control*. New York. Marcel Dekker.

[2] Shewhart, W. A. (*1926*). *Quality Control Charts. Bell System Technical Journal*, *5* (*4*), *593-603.*

[3] بامنی مقدم، م. (۱۳۸۴). *کنترل کیفیت آماری*، انتشارت دانشگاه پیام نور، تهران.

[4] Kaya, İ. (*2009*). *A genetic algorithm approach to determine the sample size for attribute control charts, Information Sciences*, *179* (*10*), *1552–1566.*

[5] Chen, Y.K., Chang. H.H.,&Chiu. F.R. (*2008*). *Optimization design of control charts based on minimax decision criterion and fuzzy process shifts. Expert Systems with Applications*, *35, 207–213.*

[6] Duncan, A. J. (*1956*). *The economic design of X charts used to maintain current control of a process. Journal of American Statistical Association*, *51, 228–242.*

[7] Duncan, A.J. (*1971*). *The economic design of x charts when there is a multiplicity of assignable causes, Journal of the American Statistical Association*, *66* (*333*), *107-121*.

[8] Gibra, I. N. (*1971*). *Economically Optimal Determination of the Parameters of $\bar{X}$ control charts. Management Science, 17, 635-646.*

[9] Gibra, I.N. (*1975*). *Recent development in control chart techniques, J. Qual. Technol*., *7, 183–192.*

[10] Chiu, W. (*1975*). *Economic design of attribute control charts. Technometrics*, *17*(*1*), *81-87*.

[11] Chiu, W.(*1976*). *Economic design of nP charts for processes subject to a multiplicity of assignable causes, Management Science*, *23*(*4*), *404-411*.

[12] Govil, A.K. (*1983*).*Reliability Engineering*, TaTa McGraw – Hillpublishing company limited, New Delhi.

[13] Taylor J.K., & Oppermann, H.V. (*1986*). *Handbook for the quality assurance ofmetrological measurements*. National Bureau of Standards Handbook, *145*.

[14] Taylor, J.K. (*1987*). *Quality Assurance of Chemical Measurements*. Lewis Publishers, Chelsea, *328*.

[15] Taylor, J.K. (*1990*). *Statistical Techniques for Data Analysis*, Lewis Publishers, Boca Raton ,FL, *1990*.

[16] Duncan, A. J. (*1978*). *The economic design of p-charts to maintain current control of o process: Some numerical results. Technimetrics*, *20*(*3*), *235-243.*

[17] Saniga, E. (*1989*). *Economic statistical control chart designs with an application to $\bar{X}$ and R charts, Technometrics, 31, 313-320.*

[18] Wang, R.C., Chen, C.H. (*1993*). *Economic statistical np-control chary designs based on fuzzy optimization. International Journal of Quality & Reliability Management*, *12* (*1*), *82-92.*

[19] Woodall, W. H. (*1997*). *Control Charting Based on Attribute Data: Bibliography and Review, Journal of Quality Technology*, *29*(*2*), *172-183.*

[20] Montgomery, D.C. (*1982*). *Computer programs – economic design of an x-control chart. J Qual. Technol*, *14*(*1*), *40–43*.

[21] Gibra, Isaac M. (*1981*). *Economic design of attribute charts for multiple assignable courses. Journal of Quality Technology*, *13*(*2*), *93-99.*

[22] Lorenzen, T.J., &Vance, L.C. (*1986*). *The economic design of control charts: a unified approach. Technometrics*, *28*(*1*), *3-10.*

[23] Woodall, W.H. (*1986*). *Weaknesses of the economic design of control charts, Techno-Metrics, 28, 408–410*.

[24] Rahim, M.A., &Banerjee, P.K. (*1993*). *A generalized model for the economic design of $\bar{X}$ control charts for production systems with*

Archive of SID
www.SID.ir

[35] Najafi, E. (2014). *Efficient Selection of Design Parameters in Multi-Objective Economic-Statistical Model of Attribute C Control Chart. Int. J. Data Envelopment Analysis*, 2 (2), 357-367.

[36] Amiri, A., Jafarian- Namin, S. (2015). *Evaluating multi-objective economic-statistical design of attribute C control charts for monitoring the number of non-conformities. International Journal of Quality Engineering and Technology*. 5(2).

[37] Mirhoseini, S.A. (*2010*). *Data Envelopment Analysis, Models and Applications*, Amirkabir University of Technology Press, (Translated in Persian).

[38] Horri, M. S., &Saeedinia, M.A. (*2008*). *Evaluating the Relative Efficiency and Ranking of Teaching Hospitals of Medical School in Diagnostic Departments by DEA/AHP approach, journal of strategic management studies- JSMS, 40* (*15*), *370-388.*

[39] Safari, S. Azar, A. (*2004*). *Evaluation Performance of Organization Based on Quality Awards Indicators DEA Approach, Danehsvar Magazine*, Shahed University Press,*11*(*8*), *1-14*.

[40] Jyoti, andBanwet, D.K., &Deshmukh, S.G. (*2008*). *Evaluating performance of national R & D organizations using integrated DEA-AHP technique, International Journal of Productivity and Performance Management*, *57*(*5*), *370-38*0.

[41] Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (*1978*). *Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research*, *2*(*6*), *429-444.*

[42] Wang, J., &Yang, L. (*2009*). *Polynomial spline confidence bands for regression curves, Statistical Sinica*, *19*, *325-342*.

[43] Wang, J. L., Chiou, J.M., & Muller, H.G. (*2015*). *Review of functional data analysis, Annu. Rev. Statist.*, *1-41*.

[44] Yu, F.J., Hou, J.L. (*2006*). *Optimization of design parameters for control charts with multiple assignable cause. J Appl Stat 33 (3), 279–290.*

increasing failure rate and early replacement, Nav. Res. Logist., 40, 787–809.

[25] Al-Oraini, H.A., &Rahim, M.A. (*2002*). *Economic statistical design of $\bar{X}$ control charts for systems with Gamma (λ, 2) in-control times, J. Comput. Ind. Eng., 43, 645–654.*

[26] Chen, Y. K. & Liao, H. C. (*2004*). *Multi-criteria design of an $\bar{x}$ control chart. Computers & Industrial Engineering*. *46*(*4*), *877-891*.

[27] Guo, R., & Dunne, T. (*2006*). *Grey predictive control charts, Communications in Statistics. Theory and Methods, 35, 1857-1868.*

[28] Guo, R., Thoutou, S.M., & Dunne, T. (*2007*). *Economic design for random fuzzy variable quality control charts. Proceedings of the 5th International Conference on Quality and Reliability, 5-7.*

[29] Kaya, I. (*2009*). *A genetic algorithm approach to determine the sample size for control charts with variables and attributes. Expert Systems with Applications, 179*(*10*), *1552–1566*.

[30] Asadzadeh, S., & Khoshalhan, F. (*2009*). *Multiple-objective design of an $\bar{X}$ control chart with multiple assignable causes, Int. J. Adv. Manuf. Technol., 43, 312–322.*

[31] Niaki, S.A., Ershadi, M.J., & Malaki, M. (*2010*). *Economic and economic-statistical designs of MEWMA control charts—a hybrid Taguchi loss, Markov chain, and genetic algorithm approach. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *48* (*1–4*), *283–296*.

[32] Bashiri, M., Amiri, A., Doroudyan, M.H., Asgari, A. (*2012*). *Multi-objective genetic algorithm for economic statistical design of X control chart. Sciatica Iranica E*, *20*(*3*), *909-918.*

[33] Bashiri, M., Amiri, A., Asgari, A., & Doroudian, M. H. (*2012*). *Multi-objective Efficient Design of np Control Chart Using Data Envelopment Analysis. IJE TRANSACTIONS C*, *26*(*6*), *621-630*.

[34] Sherbaf Moghaddam, A., Amiri, A., Bashiri., M. (2014*). Multi-objective Economic-Statistical Design of Cumulative Count of Conforming Control Chart. IJE TRANSACTIONS A*, 27 (10), 1591-1600.

Archive of SID

www.SID.ir

[i]. Shewhart , W. A.
[2]. Duncan
[3]. Markovian
[4]. Gibra, I. N.
[5]. Montgomery, D. C.
[6]. Vance
[7]. cumulative sum control chart (CUSUM)
[8]. Chiu
[9]. Govil
[10]. Taylor J.K., & Oppermann, H.V.
[11]. Saniga
[12]. Wang, R.C., Chen, C.H.
[13]. Woodall
[14]. Lorenzen, T.J., & Vance, L.C.
[15]. Rahim, M.A., & Banerjee, P.K.
[16]. Weibull
[17]. Al-Oraini, H.A., & Rahim, M.A.
[18]. Gamma failure mechanism
[19].] Chen, Y. K. & Liao, H. C.
[20]. Guo, R., &Dunne, T.
[21]. Guo et al.
[22]. Kaya, I.
[23]. Multi-Objective Genetic Algorithm for Economic Statistical (MOGAESD)
[24]. Asadzadeh, S., & Khoshalhan, F.
[25]. Average Time to Signal (ATS)
[26]. Niaki, S.A., Ershadi, M.J., & Malaki, M.
[27]. Bashiri et al.
[28]. Average Run Length (ARL)
[29]. Data Envelopment Analysis (DEA)
[30]. Decision Making Unit (DMU)
[31]. Non-Dominated Solution (NDS)

Archive of SID

www.SID.ir