Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

ارزیابی و پایش میزان بهره‌وری مراکز تحقیقاتی با استفاده از تکنیک جمع تجمعی چند متغیره

دکتر علی سرایی

دکترای مهندسی صنایع

Email: saraieali@yahoo.com

چکیده

ارزیابی و پایش میزان بهره‌وری مراکز تحقیقاتی از جمله مسایل مهم بخش‌های دولتی و خصوصی است که به دلیل ماهیت خاص آن استفاده از تکنیک‌های علمی را طلب می‌نماید. در این مقاله، ضمن بررسی برخی شاخص‌های رایج ارزیابی عملکرد، روش نوینی بر مبنای تکنیک‌های کنترل فرآیند آماری پیشنهاد می‌گردد که با استفاده از آن می‌توان عملکرد مراکز پژوهشی را کنترل نمود. با استفاده از این روش می‌توان بردار میانگین شاخص‌ها را با در نظر گرفتن هم‌پراشی بین آن‌ها که معمولا با ماتریس واریانس- کوواریانس تبیین می‌گردد توسط تکنیک جمع‌تجمعی چند متغیره PPCUSUM مورد پایش قرار داد. برای تشریح مسئله و نحوه حل آن نیز مثالی ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: بهره‌وری- مراکز تحقیقاتی- جمع‌تجمعی چند متغیره- کنترل فرآیند آماری

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

شاید بتوان دغدغه‌های مراکز پژوهشی کشور در زمینه بهره‌وری را در دو مرحله ذیل دسته‌بندی نمود:

- ✓ طراحی نظام اندازه‌گیری و سنجش بهره‌وری.
- ✓ طراحی نظام کنترل و پایش بهره‌وری.

در مرحله اول نظامی مورد نظر است که به مدیران کمک نماید تا حاصل عملکرد مراکز تحقیقاتی را اندازه‌گیری نموده و جایگاه آن را در میان سایر مراکز مشخص نمایند. در مرحله دوم نظامی مورد نیاز است که در صورت افول بهره‌وری یعنی انحراف از وضعیت مطلوب، در اسرع وقت هشدار داده و یا به عبارت دیگر بهره‌وری مراکز پژوهشی را پایش نماید.

درحالی که تاکنون مطالعات مناسبی در زمینه طراحی شاخص‌های بهره‌وری مراکز تولیدی و خدماتی به طور اعم و مراکز تحقیقاتی به طور اخص انجام شده است لیکن روش‌های علمی پایش و کنترل شاخص‌های مذکور کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هرچند روش‌های مبتنی بر تجارب عملی و یا حسی هم اکنون به عنوان رایج‌ترین روش‌های کنترل میزان بهره‌وری مراکز مزبور به کار برده می‌شوند، اما صرف نظر از برخی محدودیت‌های موجود در روش‌های علمی، با استفاده از تکنیک‌های ریاضی می‌توان روند افزایش یا کاهش شاخص‌ها را پایش نموده و چنانچه روند مزبور به حد نامطلوب نزدیک گردد یک اعلام هشدار صادر و تصمیم مقتضی اتخاذ گردد.

از آن جا که اغلب شاخص‌های سنجش بهره‌وری دارای ماهیتی به هم وابسته بوده و از یکدیگر تاثیر پذیر هستند نتایج حاصل از کنترل جداگانه آن‌ها ممکن است گمراه کننده باشد. در فرآیند پایش، اغلب چندین شاخص باید به صورت هم زمان کنترل

Archive of SID

www.SID.ir

شوند. لذا نیازمند به کارگیری مفاهیم کنترل آماری چند متغیره هستیم. نمودارهای چندمتغیره متعددی برای کنترل میانگین فرآیند طراحی شده‌اند که اغلب آن‌ها تعمیم روش‌های یک متغیره هستند. از جمله مهمترین نمودارهای چند متغیره، می‌توان به نمودارهای هتلینگ[1]، نمودارهای جمع‌تجمعی چند متغیره[2] و میانگین متحرک موزون نمایی[3] چند متغیره اشاره نمود.

استفاده وسیع از نمودارهای جمع تجمعی به دلیل عملکرد مناسب آن‌ها در شناسایی سریع انحرافات کوچک و پشتوانه‌های آماری که تئوری نسبت‌های احتمال[4] برای این تکنیک فراهم نموده است، انگیزه‌های لازم برای به کارگیری آن در این مقاله را فراهم می‌آورد. مهم‌ترین دلیل استفاده روش جمع تجمعی آن است که تکنیک جمع‌تجمعی به نوع تابع توزیع حساس نیست. این مقاله حاوی مطالب ذیل است:

بخش دوم به مفروضات طراحی مدل اختصاص دارد، در بخش سوم مفاهیم بهره‌وری و برخی شاخص‌های سنجش عملکرد در مراکز پژوهشی مرور می‌گردد. در بخش چهارم ضمن ارایه مدل‌های پایش فرآیند، انواع نمودارهای جمع‌تجمعی چند متغیره معرفی و دلایل انتخاب تکنیک جمع‌تجمعی چند متغیره ppcusum [5] آورده خواهد شد. در بخش پنجم تکنیک جمع‌تجمعی چند متغیرهppcusum تشریح می‌گردد. برای تشریح روش پایش، مثالی در بخش ششم ارایه و سرانجام در بخش هفتم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات آورده خواهد شد.

---

1 Hotelling

2. Multivariate Cumulative Sum (MCUSUM)

3. Multivariate Exponentially Weighted Moving Average

4. Sequential Probability Ratio Theory (SPRT)

5. Projection Pursuit Cumulative Sum method (PPCUSUM)

Archive of SID

www.SID.ir

۲. مفروضات

برای ساده‌سازی روابط ریاضی همچنین تجزیه و تحلیل نمودار پایش، مفروضات ذیل در نظر گرفته می‌شوند:

۱- سطح عملکرد مرکز پژوهشی توسط نمودار کنترل جمع‌تجمعی چندمتغیره با استفاده از روش PPCUSUM دوطرفه ارزیابی می‌گردد. به عبارت دیگر علاوه بر آن که برای عملکرد نامطلوب هشدار صادر می‌گردد، مواردی که عملکرد بالاتر از حد مطلوب می‌باشد نیز شناسایی می‌گردد.

۲- در هر دوره زمانی یک نمونه که حاوی مقادیر p شاخص ارزیابی سطح عملکرد است تهیه می‌گردد.

۳- ضرایب اهمیت شاخص‌ها با یکدیگر یکسان فرض می‌شوند.

۴- نمونه حاوی مقادیر شاخص‌ها در هر دوره زمانی از تابع توزیع نرمال چند متغیره با بردار p بعدی میانگین مطلوب μ و ماتریس کوواریانس $p\times p$ بعدی Σ پیروی می‌کنند. مقادیر مطلوب μ_0 و Σ_0 معلوم و مشخص هستند.

۵- هنگامی‌که عملکرد در وضعیت نامطلوب قرار می‌گیرد تا شناسایی و تصمیم‌گیری مدیر در این حالت باقی می‌ماند.

۳. بهره‌وری در مراکز تحقیقاتی

به طور کلی بهره‌وری دارای سه مولفه مهم کارآیی، اثربخشی و به کارگیری مداوم عوامل تولید کار است و شاخص‌های بهره‌وری به دو دسته شاخص‌های بهره‌وری جزیی و کلی عوامل تقسیم می‌شوند. در شاخص‌های بهره‌وری جزیی ارتباط ستانده نظیر ارزش

Archive of SID

www.SID.ir

افزوده با یک نهاده مورد توجه است در حالی که در شاخص‌های بهره‌وری کلی، ارتباط ستاده با کل نهاده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سنجش بهره‌وری فعالیت‌های مراکز پژوهشی به دلایلی نظیر ذیل پیچیده است و به عوامل متعددی نظیر ماموریت‌ها[۶] و اهداف کلان[۷]، گستره مراکز، سطوح سازمانی و نوع عوامل تحقیقاتی بستگی دارد.

- ✓ علاوه بر دشوار بودن طراحی شاخص‌های مناسب، تعیین میزان اهمیت هر شاخص به سهولت امکان‌پذیر نبوده و ملحوظ نمودن ضرایب اهمیت در طراحی مدل پایش، موجب پیچیدگی مدل و حل آن می‌گردد.
- ✓ برای پایش عملکرد، اغلب چندین شاخص باید به صورت هم زمان کنترل شوند. از آن جا که این شاخص‌ها ماهیتی پیچیده و به‌هم وابسته دارند لذا نتایج حاصل از پایش جداگانه آن‌ها گمراه کننده است.[2]
- ✓ علاوه بر پایش هم زمان مقادیر میانگین شاخص‌ها باید میزان تغییر پذیری آن‌ها نیز کنترل گردد که این امر موجب پیچیده‌تر شدن مدل می‌شود.
- ✓ اغلب تفسیر نتایج حاصل از پایش شاخص‌ها به سادگی امکان‌پذیر نبوده و تفسیر نادرست آن‌ها ممکن است گمراه کننده باشد.

هرچند هدف این مقاله ارایه روشی برای پایش و کنترل شاخص‌ها می‌باشد اما برای تشریح موضوع، در ادامه این قسمت برخی شاخص‌های رایج مرور می‌شود.

---

6. Mission
7. Goals & Objectives

Archive of SID

www.SID.ir

• شاخص نیروی متخصص

از جمله روابطی که برای سنجش بهره‌وری نیرویی متخصص مورد استفاده قرار می‌گیرد رابطه (۱) است:

$$P_t^h = \sum_{j=1}^{n} \frac{S_{jt}}{e_{jt}^h} \qquad (۱)$$

که در آن s_{jt} نشان‌دهنده فروش خدمات تحقیقاتی- پژوهشی مرکز یعنی مبلغ قرارداد پروژه j، $1 \le j \le n$ و e_{jt} نمایانگر هزینه‌های عامل نیروی انسانی متخصص انجام پروژه j در دوره زمانی $t = 1,2,..$ t است.

• شاخص ریسک

هرچند شاخص ریسک به عنوان شاخص بهره‌وری محسوب نمی‌گردد، اما در عمل سنجش آن بسیار مفید است. مفهوم ریسک برای مدیران دارای تعابیر یکسانی نیست. یکی از مناسب‌ترین و در عین حال ساده‌ترین شاخص‌های سنجش ریسک مدیریت توسط رابطه (۲) تبیین می‌گردد.

$$\sigma_t^2 = E[I_{jt} - I_t^*]^2 = \sum_{I_{kj}} (I_{jt} - I_t^*)^2 \cdot f(I_{jt}) \qquad (۲)$$

که در آن I_t^* و I_{jt} به ترتیب سود مورد انتظار و سود واقعی مرکز پژوهشی در قبال انجام پروژه j در دوره زمانی t است. در رابطه (۲) نکات ذیل حایز اهمیت است:

۱. در مواقعی که مرکز تمایلی نداشته باشد، راسا پروژه جذب شده را انجام دهد و بخواهد آن را به پیمانکار جزء واگذار نماید، مقدار ریسک صفر شده و ازبین می‌رود. زیرا مبالغ قراردادهای کارفرما و پیمانکار جزء به طور قطعی مشخص

Archive of SID

www.SID.ir

شده و از حالت احتمالی خارج می‌گردد.

۲. مزیت دوم این شاخص آن است که مجذور تفاوت‌ها در ضریب احتمال سودآوری ضرب می‌شود، بنابراین با کاهش احتمال وقوع سودآوری، ریسک آن نیز به تناسب کم می‌گردد.

۳. مزیت سوم آن است که کاهش تغییرات سودآوری به مفهوم افزایش میزان پایداری مرکز پژوهشی در نیل به اهداف مادی یعنی کسب درآمد مطلوب حاصل از مطالعه، طراحی و اجرای پروژه j یعنی I_t^* است.

در بسیاری از موارد شاخص انحراف معیار سودآوری کاربرد بیشتری نسبت به شاخص واریانس سودآوری دارد، زیرا به هنگام محاسبه واریانس واحد اندازه‌گیری سود به توان دو می‌رسد در حالی که از نظر دیمانسیون واحد انحراف معیار همان واحد سود حاصل از انجام پروژه است.

• شاخص کارآفرینی

از جمله شاخص‌های رایج دیگر برای سنجش بهره‌وری مدیران مراکز تحقیقاتی شاخص کارآفرینی است که بستگی مستقیم به عواملی نظیر نفوذ مدیر و فعالیت‌های بازاریابی دارد. یکی از روابط ساده برای سنجش کارآفرینی عبارتست از :

$$\Psi_t = \sum_{j=1}^{n} \frac{I_{jt}}{C_{jt}} \qquad (۳)$$

که در آن I_{jt} و C_{jt} به ترتیب نشان‌دهنده سود و هزینه کارآفرینی یعنی جذب و انعقاد قرارداد پروژه‌j, $1 \le j \le n$ در دوره زمانی t هستند. C_{jt} شامل هزینه‌های بازاریابی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به ماموریت، اهداف استراتژیک، گستره و عوامل تحقیقاتی در ابعاد اجتماعی، فرهنگی و فنی نیز شاخص‌های متعددی وجود دارد.

۴.تکنیک‌های پایش فرآیند

تکنیک‌های متعددی برای پایش میانگین فرآیند نظیر نمودارهای هتلینگ، نمودارهای جمع‌تجمعی و میانگین متحرک موزون نمایی طراحی شده‌اند. در این مقاله نمودار جمع‌تجمعی به دلایل ذیل مورد استفاده قرار گرفته است:

- ✓ توانایی کشف انحرافات کوچ [2] و عدم حساسیت به پیروی مشاهدات از تابع توزیع نرمال.
- ✓ پشتوانه‌های آماری که تئوری نسبت‌های احتمال برای این تکنیک فراهم نموده است.

تاکنون روش‌های جمع‌تجمعی چند متغیره متعددی شکل گرفتند که عبارتند رابطه جمع‌تجمعی:

- MCX توسط Woodall and Ncube [6]و رابطه جمع تجمعیHealy .[7]
- رابطه جمع تجمعی Mcusum وCOT توسط Crosie.
- رابطه جمع تجمعی MC1 توسط Pignatiello and Runger .
- رابطه جمع تجمعی MCZتوسط Hawkins .
- رابطه جمع تجمعی ppcusum برای بردار میانگین توسط Ngai and zhang.

پایش عملکرد فرآیند ارتباط مستقیمی به روش جمع تجمعی منتخب دارد. لذا برای پاسخ به این سئوال که کدام روش بهتر از سایرین است باید معیارهای کارآیی و ملاحظات اقتصادی حاصل از به کارگیری این روش‌ها که توسط بسیاری از محققان

Archive of SID

www.SID.ir

نظیرChan and Zhang مورد توجه قرارگرفته است.

Zhang and Ngai نشان دادند [11] که تکنیک PPCUSUM تعمیمی از هر دو رابطه Pignatiello-Runger وHealy است. هم چنین این روش براحتی قابل تعمیم برای سایر موارد مثل پایش تغییرات فرآیند است در این مقاله از روش PPCUSUM برای پایش بردار میانگین شاخص‌ها استفاده می‌شود.

۵. جمع تجمعی چند متغیره PPCUSUM

فرض کنید x_{kt} معرف مقدار شاخص $0 < k \le p$, k در دوره زمانی t باشد، علی‌رغم آنکه روش جمع‌تجمعی نسبت به نوع تابع توزیع حساس نیست، معهذا همانگونه که در بخش ۲ ذکر گردید فرض نمائید بردار $X_t = [x_{1t}, x_{2t}, .., x_{pt}]$ از توزیع نرمال چند متغیره با پارامترهای میانگین مطلوب μ_0 و ماتریس کوواریانس Σ_0 پیروی می‌کند که در آن :

$$\mu_\circ = [\mu_1, \mu_2, ..., \mu_p] \text{ و } \Sigma_\circ = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12}^2, ...\sigma_{1p}^2 \\ .\sigma_{12}^2 & \sigma_2^2, ...\sigma_{2p}^2 \\ & . \\ \sigma_{p1}^2 & \sigma_{p1}^2, ..., \sigma_{pp}^2 \end{bmatrix}$$

آماره PPCUSUM طبق رابطه (۴) که معادل روابط (۵) و (۶) است تعریف می‌گردد [11] :

$$C_1^a = \max\{0, a^T y_1 - k_\mu\}, C_2^a = \max\{0, C_1^a + a^T y_2 - k_\mu\}, ..., C_i^a = \max\{0, C_{i-1}^a + a^T y_i - k_\mu\}$$

که در آن $y_t = \Sigma_\circ^{-1/2}(x_t - \mu_\circ)$ ، $\|a\| = 1$ و $\|a\|$ معرف نرم اقلیدسی انحراف بردار میانگین در جهت بردار a می‌باشد. همچنین k_μ معرف مقدار مرجع است.

Archive of SID

www.SID.ir

Zhang and Ngai و بر اساس نتایج Healy خاطر نشان ساختند چنانچه بردار میانگین فرآیند در جهت بردار a_0 تغییر کند نمودار جمع‌تجمعی که بر اساس تصاویر $\{a_0^T y_t \ , t=1,2,\ldots\}$ بنا شده باشد دارای بهترین عملکرد براساس معیار میانگین طول دنباله[8] ARL است. این روش را می‌توان به صورت ذیل خلاصه نمود.

۱. از یک سوم اطلاعات تجربی مقادیر μ_0, Σ_0 را برآورد نمایید. چنان چه μ_0, Σ_0 به عنوان مقادیر مطلوب قابل قبول است، به ازای مقدار خطای نوع اول و قدرت آزمون مورد نظر و یا میانگین طول دنباله و انحراف استاندارد طول دنباله[9] در حالت تحت کنترل و خارج از کنترل به جداول تهیه شده توسط Zhang and Ngai مراجعه نموده و مقادیر مرجع و حد کنترل نمودار جمع‌تجمعی k_μ و H را استخراج نمایید.

۲. مشاهدات را با استفاده از رابطه $y_t = \Sigma_0^{-1/2}(x_t - \mu_0)$ استاندارد کنید:

۳. مقادیر C_{it}, C_{tt} ,$0 < i \le t$ را از روابط ذیل به دست آورید :

$$C_{it} = \left\| y_i + \ldots + y_t \right\| - (i - t + 1)k_\mu \qquad (۵)$$

$$C_{tt} = \left\| y_t \right\| - k_\mu \qquad (۶)$$

۴. مقدار $\hat{C_t^{a_0}}$ را از رابطه ذیل به دست آورید:

$$\hat{C_t^{a_0}} \cong \max_{\|a\|=1} C_i^a = C_{\cdot} = \max\{0, C_{tt}, \ldots, C_{t1}\} \qquad (۷)$$

۵. بر اساس حدود کنترل تعیین شده و برای هر اندازه نمونه مقادیر $\hat{C_t^{a_0}}$ را ترسیم کنید.

8. Average Run Length (ARL)

9. Standard Deviation Run Length (SRL)

Archive of SID

www.SID.ir

۶. اگر نقاط خارج حدود قرار گیرد، بردار میانگین فرآیند در حالت خارج از کنترل است و یک هشدار اعلام می‌گردد، در غیر این صورت فرآیند تحت کنترل است.

به منظور کاربرد روش پایش باید فاصله زمانی تهیه گزارش عملکرد به گونه‌ای تعریف گردد که:

- ✓ استقلال گزارش‌ها نسبت به یکدیگر حفظ گردد.
- ✓ دوره‌ها با گستره زمان پایش تناسب داشته باشند.
- ✓ پارامترهای نمودارکنترل نظیر مقدار مرجع، حد کنترل و تعداد گزارشات با توجه به مطالعات سنجش کارآیی به‌گونه‌ای مناسب در نظر گرفته شوند. همانگونه که ذکر گردید، در این مقاله برای تعیین پارامترهای نمودار از نتایج مطالعات Zhang and Ngai استفاده شده است.

۶) مثال برای تشریح نحوه حل مسئله

دراین قسمت یک مثال عددی ارایه می‌گردد. هرچند با استفاده از روش PPCUSUM و با به کارگیری نرم‌افزارهای مربوط، هم‌اکنون پایش هم‌زمان ۱۰ مشخصه نیز معمول است اما در این مثال فرض شده است تنها دو مشخصه $p=2$ به طور هم زمان تحت کنترل قرار گیرد. چنان چه تنها پایش عملکرد نامطلوب و یا پایش عملکرد بالاتر از حد فوقانی مطلوب مورد نظر باشد می‌توان از نمودارهای کنترل کیفیت چند متغیره یک طرفه استفاده نمود.

در این مثال همان گونه که در بخش دوم ذکر گردید، فرض می‌شود سطح عملکرد مرکز پژوهشی توسط نمودار کنترل دوطرفه ارزیابی گردد. به عبارت دیگر علاوه بر آن که برای عملکرد نامطلوب هشدار صادر می‌شود، مواردی که عملکرد بالاتر از حد مطلوب می‌باشد نیز شناسایی می‌گردد. برای تمایز این دو دسته عملکرد می‌توان از روش [10] Hawkins استفاده نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

بـه منظـور شـفافیت در تـشریح مـسئله فـرض مـی‌شـود در صـدد پـایش مقـادیر شاخص‌های معرفی شده در بخش سوم مقاله هستیم. به عبارت دیگر دو شاخص نیـروی انسانی متخصص و کارآفرینی در ۳۰ دوره ۳ ماهه مورد بررسـی قـرار مـی‌گیـرد. جـدول شماره ۱ حاوی اطلاعات خام مربوط به دو شاخص مزبور است. بنابراین در این مثال هـر نمونه برداری حاوی دو درآیه شـاخص نیـروی انـسانی متخـصص و شـاخص کـارآفرینی است:

$$X_t = \begin{pmatrix} p_t^h \\ \\ \Psi_t \end{pmatrix} \ , \ t = ۱,۲,..,۳۰$$

جدول شماره ۱: داده‌های تجربی ۱۰ دوره سه ماهه مربوط شاخص نیروی انسانی و کارآفرینی

نمونه / شاخ	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
نیروی‌متخصص	۳/۰۱	۲/۹۰	۱/۹۲	۲/۷۹	۳/۰۴	۱/۹۷	۲/۲۸	۲/۰۸	۳/۱۱	۲/۸۷
کارآفرینی	۶۵/۳	۵۹/۵	۶۳/۱	۷۳/۲	۶۸/۵	۷۰/۲	۷۵/۱	۶۸/۲	۵۹/۹	۶۷/۴
نمونه / شاخص	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}
نیروی‌متخصص	۲/۵۳	۲/۲۴	۲/۸۹	۳/۲۲	۲/۶۷	۱/۹۸	۲/۳۴	۱/۸۷	۲/۵۵	۱/۷۶
کارآفرینی	۷۴/۲	۷۲/۱	۷۰/۵	۶۸/۶	۷۳/۴	۷۲/۹	۶۳/۲	۵۸/۱	۷۸/۲	۷۲/۷
نمونه / شاخص	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}	X_{30}
نیروی متخصص	۲/۵۷	۲/۵۸	۱/۵۰	۳/۰۰	۲/۸۴	۲/۲۴	۲/۸۹	۲/۲۳	۳/۰۲	۲/۰۹
کارآفرینی	۶۹/۲	۷۳/۴	۶۳/۹	۶۴/۶	۷۴/۰	۶۴/۹	۶۷/۴	۷۱/۳	۵۷/۴	۶۹/۷

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به قدم اول الگوریتم ارائه شده در بخش ۵ از یک سوم داده‌های تجربی بـرای محاسبه مقادیر مطلوب شاخص نیروی انسانی متخصص و شاخص کارآفرینی و همچنین برآورد ماتریس کوواریانس استفاده می‌شود:

$$\hat{\mu}_0 = \begin{bmatrix} 2.6 \\ 67.0 \end{bmatrix}, \hat{\Sigma}_0 = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12}^2 \\ .\sigma_{12}^2 & \sigma_2^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.26 & -0.72 \\ -0.72 & 26.98 \end{bmatrix}$$

به ازای مقادیر مفروض قدرت و خطای نوع اول و یـا معیـار متنـاظر آن یعنـی طـول دنباله پارمترهای نمودار کنترل تعیین می‌گردد. بنابراین با مراجعه به جدول ارایـه شـده توسط Zhang and Ngai مقادیر مرجع و حد کنترل ۰/۵ و ۵ به ازای مقـدار ARL=133 به دست خواهد آمد.

برای محاسبه انحرافات از قدم‌های ۲ الی ۶ الگوریتم و روابـط (۴) الـی (۷) بخـش ۵ استفاده می‌کنیم. برای سهولت محاسبات نرم‌افزار Matlab نسخه ۶/۵ به کارگرفته شـده است که نتایج آن مطابق جدول شماره ۲ می‌باشد. همان گونه که در جـدول ۲ ملاحظـه می‌شود، هشدار خارج از کنترلی که مربوط به وضعیت ناهنجار هر دو شـاخص باشـد رخ نداده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره ۲: نتایج حاصل از بکارگیری روش PPCUSUM دو طرفه مربوط شاخص نیروی انسانی و کارآفرینی

X1	X2	$\mu_{\circ}$ X1-	$\mu_{\circ}$ X2-	Y1	Y2	sumY1	sumY2	Sqrt
3.01	65.3	0.41	-1.7	0.8633	-0.0092	0.8633	-0.0092	0.86
2.9	59.5	0.3	-7.5	1.1732	0.1712	2.0365	0.162	2.04
1.92	63.1	-0.68	-3.9	-1.848	-0.1215	0.1885	0.0405	0.19
2.79	73.2	0.19	6.2	0.8329	0.1379	1.0214	0.1784	1.03
3.04	68.5	0.44	1.5	1.1324	0.0578	2.1538	0.2362	2.16
1.97	70.2	-0.63	3.2	1.6865	0.1041	3.8403	0.3403	3.85
2.28	75.1	-0.32	8.1	-0.2779	0.1444	3.5624	0.4847	3.59
2.08	68.2	-0.52	1.2	-1.1778	-0.0084	2.3846	0.4763	2.42
3.11	59.9	0.51	-7.1	1.6918	0.1773	4.0764	0.6536	4.12
2.87	67.4	0.27	0.4	0.6626	0.0249	4.739	0.6785	4.78
2.53	74.2	-0.07	7.2	0.2806	0.1422	5.0196	0.8207	5.08
2.24	72.1	-0.36	5.1	-0.5284	0.0835	4.4912	0.9042	4.58
2.89	70.5	0.29	3.5	0.9019	0.0892	5.3931	0.9934	5.48
3.22	68.6	0.62	1.6	1.5638	0.071	6.9569	1.0644	7.03
2.67	73.4	0.07	6.4	0.5618	0.1346	7.5187	1.199	7.61
1.98	72.9	-0.62	5.9	-1.0993	0.0817	6.4194	1.2807	6.54
2.34	63.2	-0.26	-3.8	-0.8496	-0.0934	5.5698	1.1873	5.87
1.87	58.1	-0.73	-8.9	-2.2696	-0.2243	3.3002	0.963	3.43
2.55	78.2	-0.05	11.2	0.5756	0.2248	3.8758	1.1878	4.29
1.76	72.7	-0.84	5.7	-1.655	0.0634	2.2208	1.2512	2.54
2.57	69.2	-0.03	2.2	0.0654	0.0429	2.2862	1.2941	2.62
2.58	73.4	-0.02	6.4	0.3491	0.129	2.6353	1.4231	3.02
1.5	63.9	-1.1	-3.1	-2.8379	-0.1325	-0.2026	1.2906	1.3
3	64.6	0.4	-2.4	0.7963	-0.0241	0.5937	1.2665	1.39
2.84	74	0.24	7	1.0005	0.1573	1.5942	1.4238	2.13
2.24	64.9	-0.36	-2.1	-0.9333	-0.0638	0.6609	1.36	1.51
2.89	67.4	0.29	0.4	0.7099	0.0261	1.3708	1.3861	1.94
2.23	71.3	-0.37	4.3	-0.6488	0.0654	0.722	1.4515	1.62
3.02	57.4	0.42	-9.6	1.5744	0.2173	2.2964	1.6688	2.83
2.09	69.7	-0.51	2.7	-1.0612	0.0227	1.2352	1.6915	2.09

Archive of SID

www.SID.ir

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی بر اساس تکنیک‌های کنترل فرآیند آماری ارایه شد که با پشتوانه تئوری نسبت‌های احتمال قادر به پایش هم‌زمان شاخص‌ها می‌باشد. به دلیل آن که اغلب شاخص‌های سنجش بهره‌وری به یکدیگر وابسته بوده و از هم تاثیر پذیر هستند نتایج حاصل از کنترل جداگانه آن‌ها گمراه کننده است لذا روش ارایه شده به گونه‌ای است که همبستگی شاخص‌ها را در فرآیند پایش در نظر می‌گیرد. با استفاده از این روش علاوه بر صدور هشدار برای عملکرد نامطلوب، مواردی که مقادیر شاخص‌ها عملکردی بالاتر از حد مطلوب را دارا می‌باشند نیز شناسایی می‌گردد. این روش برای پایش هم‌زمان دو شاخص بهره‌وری نیروی متخصص و کارآفرینی در قالب یک مثال و برای گستره زمانی ۳۰ماهه بصورت نمونه تشریح گردید.

مراجع

[1] Schainblatt,A.H."How Companies Measure the productivity of Engineers and Scientists",Research Management,V XXV, No.3, May 1982.

[2] Montgomery, Douglas C.,"Introduction to statistical quality control", November, 2000

[3] Thomas k. Philips, «Monitoring active portfolios, the Cusum Apporach",Journal of portfolio Management ,2003

[4] Ranftl, R.M." R&D Productivity", Los Angeles; Hughes Aircraft Company, 1984

[۵] مرکزتحقیقات سازمان بنادر و کشتیرانی، طراحی نظام سنجش بهره‌وری ،سازمان بنادر و کشتیرانی؛ ۱۳۸۲

Archive of SID

www.SID.ir

[6] Woodall, William H.; Ncube, Matoteng M.;" Multivariate CUSUM Quality - Control Procedures" Technometrics, Vol. 27, No. 3, , pp. 285-292, 1985.

[7] Healy, John D."A Note on Multivariate CUSUM Procedures" Technometrics, Vol. 29, No. 4, pp. 409-412 ,1987.

[8] Crosier, Ronald B," Multivariate Generalizations of Cumulative Sum Quality-Control Schemes"Technometrics, Vol. 30, No. 3., pp. 291-303.,1988.

[9] Pignatiello, Runger & Korpela ,"Truly Multivariate Cusum Charts", Working paper 86-024 Univrsity of Arizona , System & Industerial Engineering Dep. 1986

[10] Qiu, Peihua; Hawkins, Douglas; "A Rank-Based Multivariate CUSUM Procedure", Technometrics, Vol. 43, No. 2, , pp. 120-132.,2001.

[11] Hung – Man Ngai & Jian Zhang,"Multivariate CUMULATIVE SUM Control Charts Based on Projection Pursuit", Statistica Sinica 11, pp.747-766.,2001.

[12] Lai K. Chan & Jian Zhang "Cumulative Sum Control Charts for the Covariance Matrix", Statistica Sinica 2001,P -11767-790 ,2001.

Archive of SID

www.SID.ir