

НЕКОТОРЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

К.С. Аблазова

Мақолада сифат белгисининг нормаллигини аниқловчи янги назорат карталар ва уларнинг баҳолари келтирилган. Бу карталар ёрдамида аниқ технологик операция учун ишлаб чиқариш жараёнининг турғунлиги ўрганилган.

Калит сўзлар: назорат карта, асимметрия, эксцесс, кувват функцияси, турғунлик коэффициенти.

В статье приведены новые контрольные карты и их оценка, определяющая нормальность признака качества. При помощи этих карт на одном примере исследована степень устойчивости производственного процесса.

Ключевые слова: контрольная карта, асимметрия, эксцесс, функция мощности, коэффициент устойчивости.

Предположим, что производственный процесс находится статистически управляемом состоянии, т.е. источником изменчивости являются только случайные (обычные) причины. При этом процесс может быть описан предсказуемым распределением. Если имеются особые причины, то они влияют на форму, разброс или положение распределения. В этом случае процесс нестабилен во времени. [1], [4], [5], [6], [8-11].

Пусть признак качества X имеет точно или почти нормальное распределение с допуском $[LSL; USL]$. В случае, когда значение $X = x \notin [LSL; USL]$, изделие считается дефектным. Поэтому на производстве в определенное время определяют степень устойчивости процесса при помощи различных коэффициентов устойчивости. Это все вместе называют определением потенциала производственного процесса.

Потенциал производственного процесса - это статистическая мера, показывающая в какой степени происходят изменения по случайным причинам, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии. На практике, прежде чем определить потенциал производственного процесса, проверяют нормальность признака качества X с данными параметрами. Для этого имеются различные критерии согласия и практические приемы, под названием «Гистограмма», «Вероятностная бумага», «Бокс диаграмма», «Коэффициент корреляции» и т.п.

В статье под «инновационным статистическим инструментом» назовем КК асимметрии, эксцесса и их оценок, проверяющих нормальность распределения X , полученные авторами [7]. На работе при помощи этих инструментов проверяем нормальность и изучим устойчивость процесса.

Приведем основные утверждения и формулы для обсуждения вопросов. Пусть из генеральной совокупности в определенные моменты t ($t = 1, 2, \dots, m$) взяты мгновенные выборки $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$ с объемом n . Обозначим

$$S_{nt}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^2, \quad \bar{X}_{nt} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{kt}$$

Односторонняя КК для асимметрии имеет следующий вид:

$$S_{nt}^2 > LCL_a \quad (1)$$

где LCL_a – нижняя контрольная граница:

$$LCL \text{ (lower control limit)} = \sqrt[3]{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{1-\alpha/2}^2}}, \quad \bar{\mu}_3 = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \mu_{3t}, \quad \mu_{3t} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{kt} - \bar{X}_{nt})^3.$$

Для эксцесса:

$$S_{nt}^2 < \text{UCL} \quad (2),$$

где UCL – верхняя контрольная граница:

$$UCL \text{ (upper control limit)} = \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{\alpha/2}}}$$

$$\bar{\mu}_4 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \mu_{4i} \quad \mu_{4i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{ki} - \bar{X}_{ni})^4$$

Здесь a_α и γ_α – квантили выборочных распределений асимметрии и эксцесса при уровне значимости α .

Функции мощности КК (1) и (2) соответственно определяются следующими формулами:

$$G_a(\sigma_t) = Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} \sqrt{\frac{\bar{\mu}_3^2}{a_{1-\alpha/2}^2}} \mid n-1 \right\}, \quad (3)$$

$$G_\gamma(\sigma_t) = 1 - Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{\alpha/2}}} \mid n-1 \right\} + Ch \left\{ \frac{n-1}{\sigma_t^2} \sqrt{\frac{\bar{\mu}_4}{\gamma_{1-\alpha/2}}} \mid n-1 \right\} \quad (4)$$

Здесь σ_t – среднее квадратическое отклонение в момент времени t и

$Ch\{*/n-1\}$ – распределение χ^2 с $n-1$ степенью свободы.

Рассмотрим одну операцию в производственном процессе, где идёт измерение X с допуском [3,5; 7,5]. Используя мгновенные выборки, взятые из устойчивого состояния процесса (это можно делать на ЭВМ или при $\sigma = \sigma_0 = \text{const}$) с объемом $n = 50$ при $\alpha = 0,01$ (см. [2]) находим границы КК (1) и (2). Далее берем из текущего производственного процесса в определенные моменты времени $t = 1, 2, \dots, 7$ мгновенных выборок (здесь и далее мы их не приводим) и подсчитываем S_t^2 , $\sigma_a(S_t)$ и $\sigma_\gamma(S_t)$. Расчеты даны в следующей таблице.

Таблица 1.

t	1	2	3	4	5	6	7
S_t^2	0.27	0.29	0.53	0.38	0.44	0.41	0.17
LCL _a	0.14						
$\sigma_a(S_t)\%$	0.123	0.055	0.000	0.001	0.000	0.000	19.82
UCL _γ	0.39						
$\sigma_\gamma(S_t)\%$	3.34	6.64	92.13	44.969	71.53	57.327	0.000

Из таблицы 1 видно, что КК для асимметрии дает положительную информацию на нормальность, т.к. $S_t^2 > 0,14$ для всех $t = 1, 2, \dots, 7$. КК эксцесса удовлетворяет требованию при $t = 1, 2, 4$ и 7 в остальных случаях $S_t^2 \geq 0,39$. Ненормальность этих данных относительно X в процентах показывают значения функций мощности [3] и [7].

Здесь более реальный случай при $t = 1$, $G_a(S_t) = 0,123\%$ и $G_\gamma(S_t) = 3,34\%$.

Далее находим значения коэффициентов устойчивости производственного процесса при помощи следующих формул [3]:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} ; C_{pk} = C_p(1 - k);$$

здесь $k = \frac{|SL - \bar{X}_t|}{CL}$ $SL = \frac{LSL + USL}{2}$.

Здесь C_p не зависит от SL . Долю бракованных изделий находим по формуле [2] $P_z = 1 - \Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$.

Все вычисления статистических характеристик даются в следующей таблице.

Таблица 2.

t	1	2	3	4	5	6	7
\bar{X}_t	5.435	5.45	5.42	5.52	5.446	5.481	5.505
St	5.525	0.541	0.728	0.618	0.664	0.638	0.407
C_p	1.27	1.23	0.92	1.08	1	1.050	1.64
C_{pk}	1.26	1.22	0.90	1.07	0.99	1.046	1.638
P_z	0.0016	0.0008	0.0062	0.0013	0.0038	0.0017	0.000001

Сравнивая данные в таблицах 1 и 2, заключаем, что потенциал производственного процесса будет реальным в момент времени $t = 1$. Здесь из 10000 изделий будет в среднем 16 бракованных. В остальных случаях совместно со специалистами процесс нужно свести к устойчивому состоянию, затем еще раз нужно вычислить коэффициенты устойчивости.

Литература:

1. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики, для технических приложений. – Москва: Наука, 1969. – 512 с.
2. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – Москва: Наука, 1985. – 416 с.
3. Миттаг Й., Ринне Х. Статические методы обеспечения качества. – Москва: Машиностроение, 1995. – 616 с.
4. Адлер Ю.П., Максимова О.В., Шпер В.А. Контрольные карты Шухарта в России и за рубежом: краткий обзор современного состояния (статистические аспекты) // Стандарты и качество. – 2011. – №8. – С. 1-40.
5. Шторм Р. Теория вероятности. Математическая статистика. Статистический контроль качества. Перевод с немецкого Н.Н. и М.Г. Федоровых. – Москва: Мир, 1970. – 368 с.
6. Ахмедов С.А. Жараёнларни статистик бошқариш. Услубий қўлланма. Андижон, 2005. – 100 с
7. Ахмедов С.А., Эгамбердиева Б., Зоҳидов Д., Аблазова К. О функциях мощности контрольных карт симметрии и эксцесса нормального процесса // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2014. – № 3. – С. 259 – 260.
8. Axmedov S.A., Abdullaev A., Ablazova K., Mamatohunova Yu. Jarayonlarni normallikka tekshirishning nazorat kartalar usuli. Ilmiy xabarнома. – 2015. – №5 (Махсус сон). Б. 5-9.
9. Ablazova K. Some control charts based on the consent criteria // Theoretical & Applied Science – 2019. – № 11(79). – P. 23 – 28.
10. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. О статистическом управлении нормального процесса на промежутке времени / “Бошқарув, Оптимизация ва динамик системалар – 2019”. Республика илмий конференцияси материаллари. – Андижон, 2019 йил 17 – 19 октябрь. – С. 136 – 137.
11. Ахмедов С.А., Аблазова К.С. Некоторые инновационные статистические инструменты при исследовании устойчивости производственного процесса / Республиканская научная конференция «Современные проблемы теории вероятностей и математической статистики». – Ташкент, 30 апреля – 1 мая 2019 г. – С. 11-14.

SOME INNOVATIVE STATISTICAL TOOLS FOR SUSTAINABILITY OF THE RESEARCH PRODUCTION PROCESS

K.S. Ablazova¹

Ilmiy xabarnoma. Fizika-matematika tadqiqotlari – Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. 2020. 1(3). 104 – 107.

¹Andijan State University, Andijan, 170100, str. University, 129 (Uzbekistan). E-mail: agsu_info@edu.uz

Keywords: control card, asymmetry, excess, power function, stability coefficient.

New control charts and their assessments determining the normality of the quality criterion are carried out in the article. Using these charts, the degree of stability of the production process is studied using one example.

In practice, the stability of the process under study is important. It depends on ordinary (random) and special (nonrandom) reasons. These reasons strongly affect the distribution of the process under study. Distributions may vary in position, spread, and shape. They can be checked using asymmetry and excess coefficients. If only the usual causes of variations occur, then the results of the process form a distribution that is stable over time and predictable. If there are special reasons for the variations, then the result of the process is not stable in time.

If it is established that the process is stable and able to meet the requirements at the moment, additional studies should be performed. Moreover, if a sufficient amount of data is collected, then they are built on a control map, and if no specific reasons are found, then long-term reproducibility factors can be calculated.

The article contains new control charts and their assessments determining the stability of the process under study. Using these cards on one example, the degree of stability of the production process is investigated.

References:

1. Smirnov, N.V., Dunin-Barkovskij, I.V. (1969). *Kurs teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki, dlya tekhnicheskix prilozhenij* [Course of probability theory and mathematical statistics, for technical applications]. Moscow: Nauka.
2. Bolshev, L.N., Smirnov, N.V. (1983). *Tablicy matematicheskoy statistiki* [Mathematical statistics tables]. Moscow: Nauka.
3. Mittag, J., Rinne, H. (1995). *Staticheskie metody obespecheniya kachestva* [Statistical methods of quality assurance]. Moscow: Mashinostrojenie
4. Adler, Yu.P., Maksimova, O.V., Shper V.A. (2011). Kontrolnye karty Shuharta v Rossii i za rubezhom: kratkij obzor sovremennogo sostoyaniya (statisticheskie aspekty) [Shekhar control charts in Russia and abroad a brief overview of the current state (statistical aspects)]. *Standarty i kachestvo*. 8. Pp. 1-40.
5. Shtorm, R. (1970). *Teoriya veroyatnosti. Matematicheskaya statistika. Statisticheskij kontrol kachestva* [Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik und Statistische Qualitätskontrolle]. Translation from German. Moscow: Mir.
6. Axmedov, A.S. (2005). *Jarayonlarni statistik boshqarish* [Statistical management of processes]. Andijon.
7. Axmedov, A.S., Zahidov, D., Egamberdiyeva, B. Ablazova, K.S. (2014). O funkciyah moshchnosti kontrolnyh karta simmetrii i ekscessa normalnogo processa [About the power functions of the asymmetry control charts and the excess of the normal process]. *Zhurnal nauchnyh publikacij aspirantov i doktorantov*. 3. Pp. 259-260.
8. Axmedov, A.S., Ablazova, K.S., Abdullayev, A., Mamatohunova, Yu. (2015). Jarayonlarni normallikka tekshirishning nazorat kartalar usuli. [Control chart method of checking processes to normality]. *Ilmiy xabarnoma*. 5 (Special issue). Pp. 5-9.
9. Ablazova, K.S. (2019) Some control charts based on the consent criteria. *Theoretical & Applied Science*. 11 (79). Pp. 23-28.
10. Axmedov, A.S., Ablazova, K.S. (2019). O statisticheskoy upravlenii normalnogo processa na promezhutke vremeni [On the statistical control of a normal process over a period of time]. *"Boshqaruv, Optimizatsiya va dinamik sistemalar – 2019"* [Management, Optimization and dynamic Systems – 2019]. Republican scientific Conference. October 17-19. Andijon. Pp. 136-137.
11. Akhmedov, S.A Ablazova, K.S. (2019). Nekotorye innovacionnye statisticheskie instrumenty pri issledovanii ustojchivosti proizvodstvennogo processa [Some innovative statistical tools in the study of the stability of the production process]. *"Sovremennye problemy teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki"* [Modern problems of probability theory and mathematical statistics]. Republican scientific Conference. April 30 - May 1. Pp. 11-14.

Муаллиф ҳақида маълумот:

Аблазова Камола Сахибовна – Андижон давлат университети Математика кафедраси таянч докторанти. E-mail: k.s.ablazova@gmail.com