

Выявление нарушений при мониторинге процесса очистки питьевой воды

А.В. Алексеева^{1,2}, И.Н. Карпунина³, В.Н. Клячкин¹

¹Ульяновский государственный технический университет, Северный Венец, 32, Ульяновск, Россия, 432027

²Ульяновское конструкторское бюро приборостроения, Крымова 10, Ульяновск, Россия, 432017

³Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, Можайского, 8/8, Ульяновск, Россия, 432071

Аннотация

Предложена модификация алгоритма обобщенной дисперсии при статистическом контроле для выявления нарушений стабильности процесса очистки питьевой воды по критерию многомерного рассеяния показателей качества очистки.

Ключевые слова

Многомерный статистический контроль, контрольная карта, алгоритм обобщенной дисперсии

1. Введение

В процессе очистки питьевой воды контролируется множество физико-химических показателей. Необходимо обеспечить значения этих показателей в допустимых пределах, а также проконтролировать стабильность процесса. Стандарт по статистическому управлению процессами рекомендует контроль подгрупп из 3-10 наблюдений за каждым из показателей качества очистки через определенные промежутки времени [1-2]. Особенностью рассматриваемого процесса является то, что в силу сложности измерений контроль показателей проводится один раз в сутки, т.е. подгруппа включает лишь одно наблюдение.

Для независимых показателей используются карты Шухарта для индивидуальных наблюдений и скользящих размахов. Мониторинг среднего уровня коррелированных показателей проводится на основе алгоритма Хотеллинга, адаптированного для индивидуальных наблюдений [3-4]. Для контроля многомерного рассеяния показателей процесса используется алгоритм обобщенной дисперсии, однако стандартный подход не пригоден при индивидуальных наблюдениях [5-6]. Предлагается модификация алгоритма, обеспечивающая выявление нарушений стабильности показателей качества очистки воды.

2. Мониторинг многомерного рассеяния

Рассматривается мониторинг p коррелированных физико-химических показателей качества очистки питьевой воды. X_1, X_2, \dots, X_p . При контроле процесса с использованием мгновенных выборок объемом n наблюдений для каждой такой выборки определяется ковариационная матрица S_i и вычисляется ее определитель – обобщенная дисперсия. Усредненный определитель $|S|$ является оценкой целевой обобщенной дисперсии $|\Sigma_0|$.

На практике строится карта обобщенной дисперсии, контрольные границы которой – это границы доверительного интервала для математического ожидания обобщенной дисперсии. Для корректного расчета положения этих границ необходимо выполнение условия $n \geq p + 1$ [5].

При оценке стандартного отклонения для независимых индивидуальных наблюдений используется среднее значение скользящих размахов и табличный коэффициент d (значения которого получены на основе распределения размахов) при значении объема подгруппы $n = 2$ (хотя фактический объем - единица), поскольку для расчета скользящего размаха используются два соседних наблюдения.

По аналогии и для оценки компонент обобщенной дисперсии можно использовать скользящие размахи. Следует при этом учесть, что, например, при контроле двух показателей необходимо использовать значение n не менее трех. Это можно обеспечить, если вычислять размах каждого показателя для наблюдения t , усредняя скользящие размахи по двум значениям для наблюдений с номерами t и $(t - 1)$, то есть используя результаты трех наблюдений. Коэффициент корреляции между показателями оценивается по всей совокупности наблюдений.

Численное исследование реализовано на примере системы водоочистки Санкт-Петербургского водоканала, где проводился мониторинг семи показателей качества очистки питьевой воды. На рисунке 1 показана карта обобщенной дисперсии, построенная для двух коррелированных показателей (окисляемость и щелочность), рассчитанная по предложенной методике. Нарушение процесса – в 14-м наблюдении, где расчетное значение обобщенной дисперсии вышло за контрольную границу.

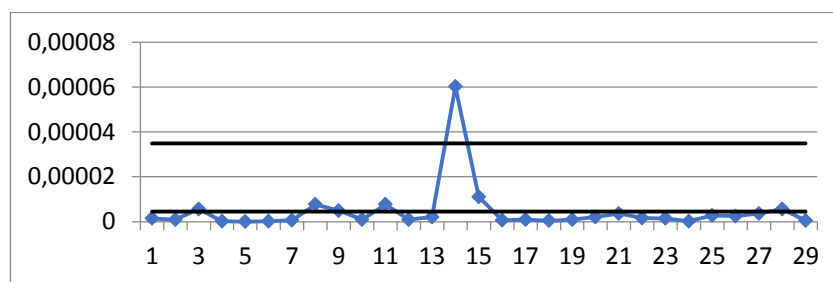


Рисунок 1: Карта обобщенной дисперсии

3. Заключение

Предложена модификация алгоритма обобщенной дисперсии, обеспечивающая обнаружение нарушений при статистическом контроле процесса по критерию многомерного рассеяния, проиллюстрированная на примере очистки воды.

4. Благодарности

Исследование выполнено при поддержке совместного гранта РФФИ и Правительства Ульяновской области, проект 18-48-730001.

5. Литература

- [1] Montgomery, D.C. Introduction to statistical quality control / D.C. Montgomery. – New York: John Wiley and Sons, 2009. – 754 p.
- [2] Клячкин, В.Н. Прогнозирование и диагностика стабильности функционирования технических объектов: монография / В.Н. Клячкин, В.Р. Крашенинников, Ю.Е. Кувайскова. – М.: Русайнс, 2020. – 200 с.
- [3] Ryan, T.P. Statistical methods for quality improvement / T.P. Ryan. – New York: John Wiley and Sons, 2011. – 687 p.
- [4] Klyachkin, V.N. Multivariate Statistical Process Control by Individual Observation / V.N. Klyachkin, I.N. Karpunina // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8(6S3). – P. 590-593.
- [5] Клячкин, В.Н. Оценка стабильности вибрации на основе алгоритма обобщенной дисперсии / В.Н. Клячкин, А.В. Алексеева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 4(3). – С. 491-493.
- [6] Carlos, G.-D.J. The ‘effective variance’ control chart for monitoring the dispersion process with missing data / G.-D.J. Carlos // Industrial Engineering. – 2007. – Vol. 1(1). – P. 40-45.