

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УСТАНОВОК ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

*Муртазин Т.М., Исмагилов Т.Р.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа*

**Ключевые слова:** ситуационное управление, статистические характеристики, кластеризация, автоматизация, оперативное управление.

**Аннотация.** В статье предложен метод разделения множества технологических параметров на базовые ситуационные подмножества. Ситуационные подмножества характеризуют базовые квазистационарные режимы объектов нефтепереработки и нефтехимии. Для решения данной задачи используются формальные критерии на основе анализа статистических показателей трендов, которые определяют наличие нескольких классов для множества значений технологического параметра. Рассмотрен пример применения предлагаемого подхода на реальных данных технологического объекта. Реализация предлагаемого подхода позволяет определять области устойчивых технологических режимов и автоматизировать процедуру выделения ситуационных подмножеств.

## CLUSTERING OF TECHNOLOGICAL MODES OF INSTALLATIONS FOR THE PURPOSES OF SITUATIONAL MANAGEMENT

*Murtazin T.M., Ismagilov T.R.*

*Ufa State Petroleum Technical University, Ufa*

**Keywords:** situational management, statistical characteristics, clustering, automation, operational management.

**Abstract.** The article proposes a method for dividing a set of technological parameters into basic situational subsets. Situational subsets characterize the basic quasi-stationary modes of oil refining and petrochemical facilities. To solve this problem, formal criteria are used based on the analysis of statistical indicators of trends, which determine the presence of several classes for a set of values of a technological parameter. An example of the application of the proposed approach on real data of a technological object is considered. The implementation of the proposed approach makes it possible to determine the areas of stable technological regimes and automate the procedure for identifying situational subsets.

Для объектов нефтепереработки и нефтехимии характерно наличие устойчивых областей технологического режима, в которых технологический объект находится продолжительное время. Для параметров состояния и управлений в этой области характерно малые среднеквадратичные отклонения значений, что объясняется неизменными заданиями на показатели качества получаемых продуктов, отсутствием изменений характеристик сырья и других возмущений. Наличие комплекса управлений, соответствующих базовым технологическим режимам позволяет минимизировать время переходных процессов при смене технологических заданий, а также ограничить пространство поиска оптимальных управлений, что соответствует ситуационному подходу к управлению [1].

Решение задачи ситуационного управления связано с разделением признаков переменных из множества технологических параметров на

подмножества, соответствующие квазистационарному режиму. В работе рассматривается процедура разделения множества технологических параметров на базовые ситуационные подмножества, характеризующие условно «стационарные» (квазистационарные) режимы технологического объекта. Решение данной задачи рассматривают в плоскости применения методов кластерного анализа [2-4] пространства признаков переменных – технологических параметров режима.

В работе [5] показано, что применение известных методов [2-4] для решения задачи кластеризации технологических режимов работы установки на всем пространстве признаков переменных сильно увеличивает размерность задачи, кроме того, определённые таким образом кластеры могут не отвечать постановке задачи ситуационного подхода в смысле временного согласования границ выделенных классов.

Задачу выделения ситуационного подмножества предлагается решать на основе анализа статистических характеристик трендов технологических параметров реализацией следующие последовательности действий.

1. Проводится нормализация значений технологических параметров на рассматриваемом временном интервале:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

где  $\bar{x}_i$  – нормированное значение  $i$ -ой параметра;  $x_i$  – истинное значение параметра;  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – максимальное и минимальное значение их данных выборки;

2. Определяются технологические параметры, для которых имеются признаки нарушения нормальности распределении ряда. В качестве критерия может использоваться нарушение правила 3-х  $\sigma$  (сигм):

$$M - 3 \times \sigma < 0, \quad M + 3 \times \sigma > 1 \quad (2)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение (СКО) параметра;  $M$  – среднее (как оценка математического ожидания) значение параметра.

3. Для технологических параметров, определенных на шаге 2, последовательно решают задачу выделения ситуационных подмножеств. Для выделения кандидатов на значения технологического параметра, соответствующего базовому режиму, определяются значения, соответствующие локальному максимуму кривой, аппроксимирующей значения частоты гистограммы. При выделении отдельного класса следует учитывать, что количество наблюдений для одного класса для обеспечения устойчивости статистических оценок должно быть не менее 50 [7].

4. Расчет значений, соответствующих границам кластера с учетом согласование временных последовательностей (фрагментов) для разных признаков переменных.

Общее количество базовых технологических режимов в этом случае составит:

$$N = \sum_{i=1}^P n(t_i), \quad (3)$$

где  $P$  – количество технологических переменных, определенных на шаге 2;  $n(t_i)$  – количество технологических ситуаций, выделенных на шаге 3 для переменной  $i$ .

Для автоматизации анализа трендов и выделения ситуационных подмножеств предложенная процедура реализована на языке программирования Python.

Иллюстрацию подхода к выделению ситуационных подмножеств рассмотрим на примере кластеризации некоторого множества технологических параметров реального объекта. Временные тренды и гистограммы для рассматриваемых параметров представлены на рисунке 1.

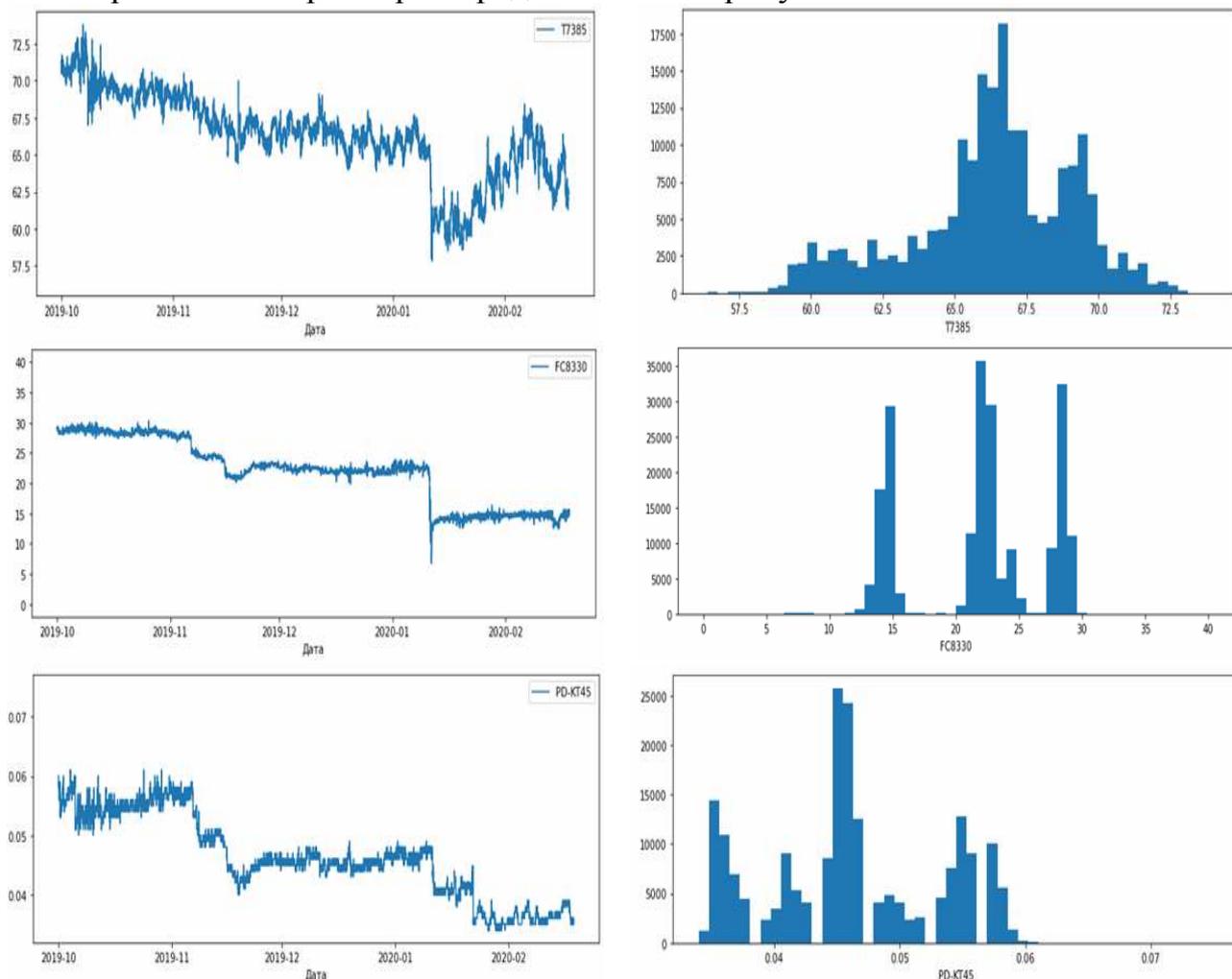


Рис. 1. Временные тренды и гистограммы для рассматриваемых параметров

Проверка условия (2) указывает на наличие нескольких классов для рассматриваемых технологических параметров. Автоматизированный анализ гистограмм исходного ряда (рис. 1) по п. 3 процедуры определяет признаки выделения трех классов, соответствующих ситуационным подмножествам. Базовые значения технологических параметров после временного согласования границ ситуационных подмножеств по п.4 процедура представлены в таблице 1.

Полученные таким образом границы значений технологических параметров для каждого класса являются согласованными во времени (рис. 2) и отвечают условиями нормального распределения, что позволяет рассматривать выделенные

классы в качестве базовых вариантов технологических режимов при ситуационном управлении.

Табл. 1. Значения параметров для выделенных классов

	Параметр 1, °С		Параметр 2, м <sup>3</sup> /ч		Параметр 3, МПа	
	диапазон	среднее значение	диапазон	среднее значение	диапазон	среднее значение
класс 1	67,0÷73,8	69,58	24,98÷30,22	28,42	0,05÷0,061	0,055
класс 2	64,4÷70,0	66,85	20,17÷25,73	22,82	0,04÷0,055	0,046
класс 3	57,3÷68,4	62,88	6,8÷21,03	14,40	0,034÷0,045	0,037

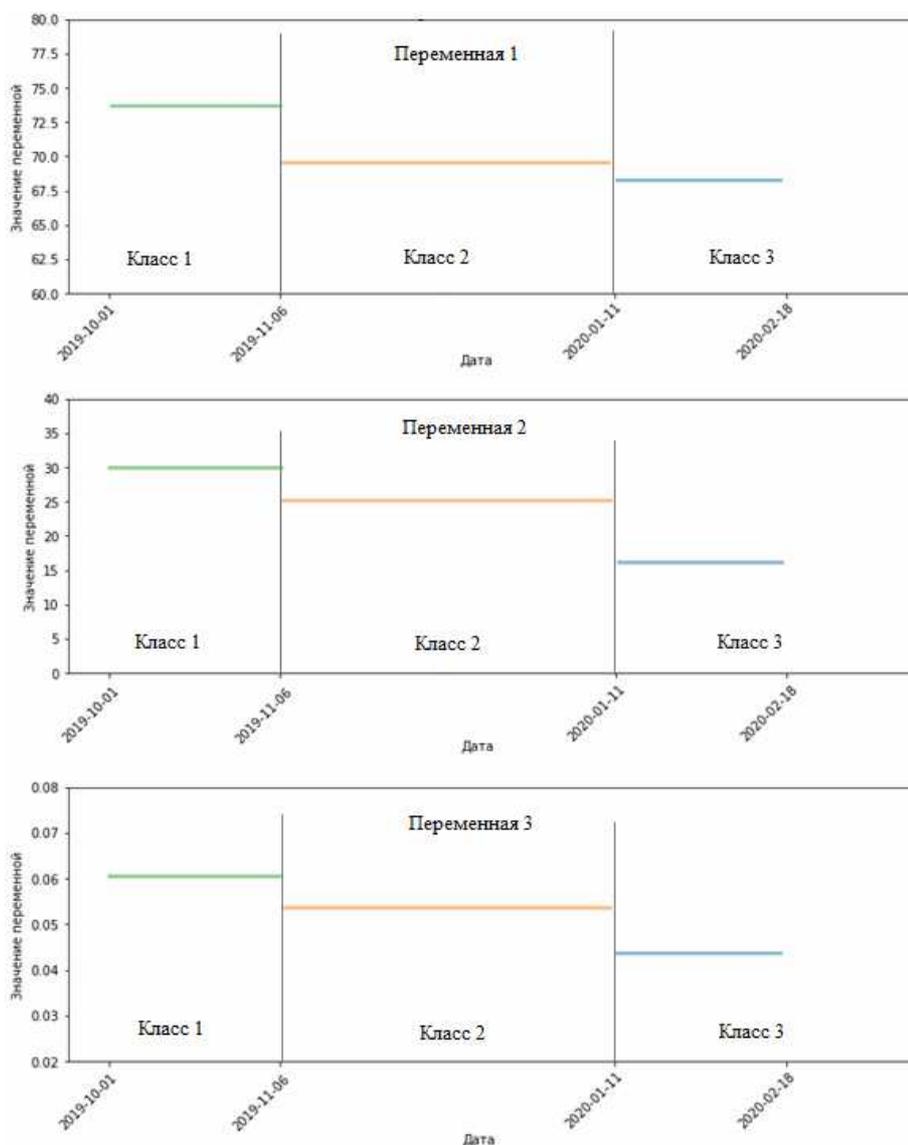


Рис. 2. Распределение мат. ожиданий для выделенных классов рассмотренных переменных

Реализация предложенного подхода позволяет выделять области устойчивых технологических режимов на основе формального разделяющего признака, в качестве которого используются статистические показатели ряда, что обеспечивает автоматизацию процедуры выделения ситуационных подмножеств.

**Список литературы**

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 284 с.
2. Тюрин А.Г., Зуев И.О. Кластерный анализ, методы и алгоритмы кластеризации // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014. – № 2(3). – С. 86-97.
3. Чубукова И.А. Data Mining: учебное пособие. – М.: Интуит НОУ, 2016. – 470 с.
4. Классификация и сравнение методов кластеризации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://docplayer.ru/26643338-Klassifikaciya-i-sravnienie-metodov-klasterizacii.html>.
5. Муртазин Т.М., Салимова А.Ф. Методы кластеризации данных при получении ситуационных моделей для целей управления технологическим процессом // Международная научно-техническая конференция «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2018. – С. 561-564.
6. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2013.

**Сведения об авторах:**

*Муртазин Тимур Мансурович* – к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация, телекоммуникация и метрология»;

*Исмагилов Тимур Рустамович* – магистрант.