

Когнитивная визуализация многомерных временных рядов характеристик газокompрессорных станций

В. Л. Горохов, М. С. Степанова, А. Д. Шинкевич
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

М. М. Адмакин, А. С. Журавлёв
АО «Газпром Оргэнергогаз»

Аннотация. Рассматриваются когнитивные методы визуализации многомерных временных рядов, ориентированные на использование в составе ГИС средств выявления чрезвычайных ситуаций. Предлагаемый подход к разработке когнитивных средств машинной графики основывается на возможности оператора выявлять в когнитивных образах признаки «разладки» многомерных временных рядов на стадии малых, но синхронных изменений параметров системы.

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время регулярно возрастает количество чрезвычайных ситуаций на природных и промышленных объектах, происходит повреждение дорогостоящего оборудования, загрязнение окружающей среды и т. д. [1]. Для своевременного выявления и предупреждения чрезвычайных ситуаций необходимо обеспечить обнаружение аномальных состояний объектов. Одной из сложных предметных областей, с точки зрения своевременного выявления возможности возникновения чрезвычайных ситуаций, является энергетика. Мониторинг состояния нефтегазодобывающих платформ осуществляется на основе данных, поступающих с различных встроенных устройств, а также специализированных внешних датчиков и систем контроля состояния объектов. Состав регистрируемых многомерных данных позволяет контролировать состояние механических элементов, параметры вибраций и динамических воздействий, а также ряд других показателей, характеризующих техническое состояние анализируемых объектов. Например, это набор многомерных характеристик газокompрессорных станций. Так для газокompрессорной станции осуществляется мониторинг более двадцати параметров для всех агрегатов. В процессе мониторинга регистрируются изменения этих характеристик во времени в виде многомерных временных рядов. Однако существуют серьезные трудности решения задач выявления чрезвычайных ситуаций на сложных технических объектах. Прежде всего, это тот факт, что наблюдаемые многомерные ряды обладают плохо прогнозируемым поведением (прежде всего, это нестационарность). Еще одна трудность заключается в

многомерном характере временных рядов, которые в сочетании с большим числом характеристик объектов и объемам рядов затрудняют измерение взаимных корреляций и ковариаций. Преодоление этих трудностей возможно средствами когнитивной компьютерной графики. [2]. Когнитивная компьютерная графика позволяет представить многомерные временные ряды в виде когнитивных псевдотрехмерных образов, которые стимулируют эмпирическую интуицию человека-оператора и появляется возможность обнаруживать синхронные взаимные корреляции и тренды в многомерных данных, с последующей их объективацией.

В данной работе приводятся модернизированные алгоритмы динамического проецирования многомерных временных рядов, обеспечивающие генерацию когнитивных образов многомерных рядов. Когнитивные образы позволяют визуализировать многомерные взаимные корреляции и тем самым обнаруживать экстремальные состояния объектов мониторинга. Еще одной важной особенностью когнитивной визуализации многомерных временных рядов является возможность выявления синхронных аномалий в поведении ряда характеристик сложной системы и значит выявления временных участков аномального поведения системы.

Хочется отметить, что практика применения когнитивной машинной графики показала, что малые, но синхронные изменения характеристик носят синергетический характер и часто являются предвестниками чрезвычайных ситуаций.

II. АЛГОРИТМЫ КОГНИТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Обозначим набор из p временных рядов в виде d_j ($j=1, \dots, p$), наблюдаемого в n временных точках. Значение d_j во временной точке t обозначается $\{d_{jt}\}$, а совокупность (p, n) значений d матрицей \mathbf{D} . В данном алгоритме реализована возможность визуализации многомерных временных рядов однотипных параметров в одном многомерном пространстве для нескольких типов агрегатов и их узлов. Это дает возможность оператору увидеть «разладку» поведения однотипных параметров для

различных агрегатов газокompрессорной установки и тем самым предсказать аномальное поведение сложной системы. Для этого в предлагаемом ниже алгоритме можно ввести соответствующую дополнительную индексацию, позволяющую одновременное представление всех агрегатов в одном многомерном пространстве однотипных параметров.

Как и одномерном случае, матрица \mathbf{D} рассматривается как реализация случайного процесса. В общем случае, вектор строка из \mathbf{D} может содержать тренд, сезонность и осцилляции. Многомерные ковариации и корреляции, а также взаимные многомерные ковариации и корреляции в виде квадратных матриц описывают зависимости внутри рядов и их синхронизмы для любых запаздываний s . Пусть входные данные описываются матрицей :

$$\mathbf{D} = \{d_{ij}\}; i = (1, n), j = (1, p),$$

где d_{ij} – действительные значения переменных (измеряемых параметров, признаков), n – число актов измерения всех p параметров объекта в последовательности времени наблюдения, p – число измеряемых параметров (признаков) объектов наблюдения. Многомерный временной ряд представляется в виде облака n точек в p -мерном пространстве параметров. Далее, будем полагать это p -мерное пространство параметров евклидовым \mathbf{R}^p , что упрощает дальнейшие рассуждения (рассмотренные далее алгоритмы остаются рабочими в подходящих базисах аффинного пространства и ряда других базисов).

Построим отображения Φ как проекцию этого облака на двумерную плоскость \mathbf{Q}^2 , проходящую через начало координат пространства \mathbf{R}^p . Пусть в \mathbf{Q}^2 заданы единичные ортогональные вектора \mathbf{u} и \mathbf{v} , используя их несложно вычислить координаты (x, y) проекции данных на двумерную гиперплоскость \mathbf{Q} :

$$x_i = pr_{\mathbf{u}} \mathbf{d}_i = \mathbf{d}_i \cdot \mathbf{u}, y_i = pr_{\mathbf{v}} \mathbf{d}_i = \mathbf{d}_i \cdot \mathbf{v}, \quad (1)$$

где исходная матрица данных \mathbf{D} описывает облако точек \mathbf{T} в многомерном пространстве \mathbf{R}^p .

Предлагается алгоритм, который строит непрерывную последовательность положений \mathbf{Q}^2 , образующих “траектории”, вдоль которых и отслеживается динамика образа. Для этого строится процедура динамического вычисления последовательности пар векторов $\{\mathbf{u}, \mathbf{v}\}$. Каждая ортогональная пара векторов $\{\mathbf{u}, \mathbf{v}\}_g$ будет определять двумерную плоскость \mathbf{Q}_g и ее ортогональный базис, где g набор управляющих параметров небольшой размерности. Определим гиперплоскость \mathbf{W} (размерности $p - 1$), проходящую через начало координат пространства \mathbf{R}^p нормальным уравнением:

$$\mathbf{x} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad (2)$$

где $\mathbf{n} = \{n_j\}$ – вектор нормали, $\mathbf{x} = \{x_j\}$ – независимые переменные p -мерного пространства. Используя приведенные формулы, осуществляется динамическая проекция данных \mathbf{D} на двумерную плоскость. Например,

выбрав ведущие оси, задав нормаль и направление вращения, изменяя с небольшим приращением угол поворота ϕ , получим динамический циклический обзор данных.

III. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА

Для предварительного когнитивного анализа выделен ряд параметров гидроагрегата АВО 1 (например: Катушка 3.1.2 Осевое, МПАОтвод 3.1.1 Ресурс, %, Отвод 3.1.1 Эквивалентное, МПА, Отвод 3.1.4 Эквивалентное, МПА). После первичного рассмотрения оператором когнитивного образа объединённого 96-х мерного массива данных, были выявлены временные области в которых агрегат имел аномальные значения параметров. На приведённых ниже скриншотах (рис. 1 и рис. 2) выделены такие особенности. Аномальность поведения характеристик возможно вызвана штатным нарушением функционирования системы или возможным внешним, по отношению к системе, воздействием. Выявлены временные зоны изменения ряда параметров агрегата АВО 1 и АВО 6. На обеих скриншотах стабильное во времени состояние комплекса параметров на когнитивном образе представляется в виде плотного облака, а временные тренды представляются в виде аномальных областей и выбросов. Факт появления этих областей и выбросов хорошо виден на данных проекциях характеристик (параметров) и соответственно индицирует как группу параметров обладающих аномальными свойствами, так и те временные интервалы, на которых эти аномалии появляются.

Разумеется, количественное измерение связей между параметрами на данном временном интервале теперь становится возможным средствами многомерного статистического анализа.

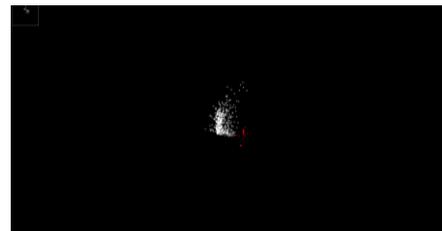


Рис. 1. Выявление аномального состояния агрегата АВО 1 в определенные фрагменты времени (отмечено цветом)

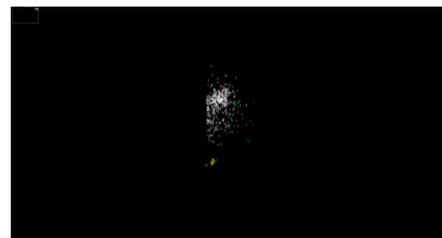


Рис. 2. Выявление аномального состояния агрегата АВО 6 в определенные фрагменты времени (отмечены цветом)

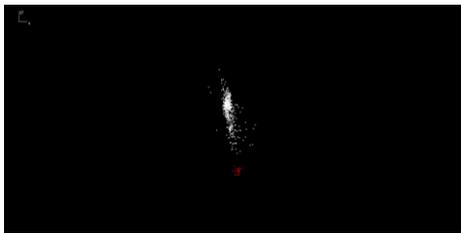


Рис. 3. Выявление регрессионной зависимости между параметрами 87-4 и особенностями поведения линейной регрессии в определенные фрагменты времени (отмечены цветом)

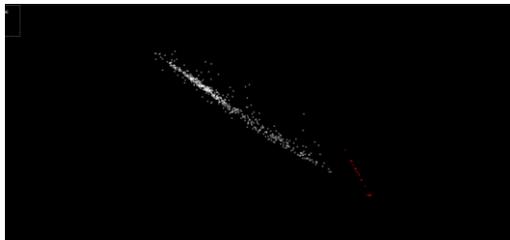


Рис. 4. Выявление регрессионной зависимости между параметрами 33-96 и особенностями поведения линейной регрессии в определенные фрагменты времени (отмечены цветом)

Еще важным применением когнитивной визуализации может служить визуализация регрессионных зависимостей между парами параметров. Например: между переменными 87-4 и 33-96 (рис. 3–4.) Дальнейшее количественное описание выявленных регрессий может осуществляться средствами пакета SPSS.

IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сделать вывод о том, что когнитивная визуализация многомерных временных рядов измерений параметров позволяет по совокупности их значений выявить и количественно описать временные участки их совместного аномального поведения. Это в свою очередь дает дополнительную возможность прогнозирования состояния агрегата. В данной работе число визуализированных временных рядов параметров достигало 96-ти.

Следует особо отметить, что модификация алгоритмов когнитивной визуализации многомерных временных рядов позволяет человеку оператору одновременно наблюдать многомерные временные ряды параметров для набора агрегатов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] The United Kingdom Offshore Oil and Gas Industry Association (Oil and Gas UK) / Accident statistics for Offshore Units on the UKCS 1990–2007, 2009. URL: <http://www.oilandgasuk.co.uk/cmsfiles/modules/publications/pdfs/EC024.pdf>.
- [2] Горохов В.Л., Муравьев И.П. Когнитивная машинная графика. Методы динамических проекций и робастная сегментация многомерных данных. Методология, методики и интерфейсы: Монография. СПб.: ИНЖЭКОН. 2007, 173 с.