

Многомерные геометрические образы данных мониторинга агрегатов газокompрессорной станции, полученных средствами когнитивной визуализации

В. Л. Горохов¹, А. Д. Шинкевич²

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
vlgorohov@mail.ru¹, dr.artem.96@gmail.com²

Аннотация. В статье рассматривается методика динамической визуализации многомерных временных рядов однотипных объектов в составе сложного технического комплекса. Предлагается проводить когнитивный анализ совокупности похожих объектов, в ходе него оператор может обнаружить изменения в работе отдельных устройств на фоне всей группы агрегатов. Такие изменения чаще всего будут означать негативные изменения в функционировании устройства.

Ключевые слова: когнитивные методы визуализация, многомерные временные ряды

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, наверно, не существует ни одной сферы человеческой деятельности, в которой не были бы задействованы технические системы. Многие из этих сфер деятельности сопряжены с риском для жизни и здоровья людей, и дело даже не в том, что опасные условия создаются природными факторами (обрушение шахт в горном деле, сверхнизкие температуры при работах в условиях крайнего севера и т. д.), а в том, что опасность зачастую представляют сами технические устройства. Хотя все технические средства проектируются максимально безопасными, а также их безопасность подкрепляется различными нормами, связанными с правилами эксплуатации и техникой безопасности, нет никаких гарантий, что какой-либо случайное нарушение в работе такой системы не приведет к опасной аварии. Газотранспортная отрасль является таким примером отрасли, в которых подобные происходящие аварии незамедлительно могут привести травмам или даже летальным исходам для персонала, а также экологическим бедствиям (сильнейший пожар лесных территорий). Большинство технических систем здесь связаны с опасными факторами воздействия высоких температур и давлений, поэтому должен осуществляться постоянный контроль состояния таких потенциально опасных объектов, и он, несомненно, ведётся.

Газокompрессорная станция (ГКС) является прекрасным примером опасного техносферного объекта, в котором непрерывное отслеживание состояния

необходимо в связи с наличием выше упомянутых опасных факторов. Данный объект представляет собой комплекс сооружений и оборудования для повышения давления газа при его добыче, транспортировке и хранении. [1] Оценка состояния станции осуществляется на основе математической обработки данных, полученных с установленных по периметру конструкций тахеометрических приборов (такая система в экспериментальном режиме внедрена на ГКС «Арская»). Анализ таких многомерных данных, а тут это многомерные временные ряды для каждого отдельного устройства, является очень сложной задачей. Вызвано это в первую очередь объемом входных данных (более тысяч моментов времени для около сотни параметров), в таком случае, даже корреляционный анализ может стать непосильной задачей. Во-вторых, стоит отметить, что все отдельные «части» станции связаны между собой системой трубопроводов, поэтому необходимо рассматривать всю станцию как сложную систему, воздействия в отдельных агрегатах которой, передаются другим устройствам, этот факт часто остаётся незамеченным при традиционных видах анализа. Преодоление этих трудностей возможно средствами когнитивной компьютерной графики. [2] Поэтому предлагается использовать инновационную технологию динамической визуализации для перехода от многомерных матриц данных к геометрическим образам. Последние могут быть проанализированы человеком-оператором при наличии соответствующей методики, таким образом, можно объективно выявить аномальное поведение в любой сложной технической системе, а не только в рассматриваемой в данном случае станции.

II. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ТЕХНОЛОГИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Рассмотрим сущность алгоритма динамического проецирования многомерных данных на плоскость, который, в сущности, реализован в программе SpaceWalker, используемой для написания экспериментального раздела статьи. Процесс построения проекции происходит следующим образом:

1. Входными данными является матрица \mathbf{D} , являющаяся реализацией многомерного случайного процесса. Допустим, она представлена как $\mathbf{D}=\{d_{ij}\}$ при $i = (1, n)$, $j = (1, p)$, где d_{ij} – действительные значения измеряемых параметров, n – число моментов времени, в которых фиксировалось значение, p – число зафиксированных значений параметров. Стоит отметить, что входными данными также могут являться многомерные матрицы, состоящие из перечня однотипных объектов (например, пациенты в больнице) и характеризующих их набора параметров (температура, давления, количество эритроцитов), а не только временные ряды. В p -мерном пространстве параметров, которое будем считать евклидовым \mathbf{R}^p , исходная матрица будет представлена в виде «облака», состоящего из n -числа точек.

2. Строится проекция многомерного «облака» на двумерную плоскость \mathbf{Q}^2 , которая проходит через начало координат \mathbf{R}^p . В плоскости \mathbf{Q}^2 задаются единичные ортогональные вектора \mathbf{u} и \mathbf{v} , на основе их можно вычислить (x,y)-координаты проекции на двумерную гиперплоскость \mathbf{Q} : $x_i=pr_u \mathbf{d}_i=\mathbf{d}_i \cdot \mathbf{u}$, $y_i=pr_v \mathbf{d}_i=\mathbf{d}_i \cdot \mathbf{v}$, здесь описание облака точек \mathbf{T} в многомерном пространстве \mathbf{R}^p описывается исходной матрицей \mathbf{D} .

3. Строится непрерывная последовательность положений \mathbf{Q}^2 , вдоль этой траектории отслеживается движение образа. Вычисляются последовательные пары векторов $\{\mathbf{u}, \mathbf{v}\}$. При каждом наборе \mathbf{g} управляющих параметров небольшой размерности двумерная плоскость $\mathbf{Q}^2_{\mathbf{g}}$ определяется своей парой ортогональных векторов $\{\mathbf{u}, \mathbf{v}\}_{\mathbf{g}}$.

4. Гиперплоскость \mathbf{W} (с размерностью $p-1$), которая проходит через начало координат \mathbf{R}^p , определяется нормальным уравнением: $\mathbf{x} \cdot \mathbf{n}=0$, в этом случае $\mathbf{n}=\{n_i\}$ – вектор нормали, $\mathbf{x}=\{x_i\}$ – независимые переменные \mathbf{R}^p -пространства.

В целом, на основе приведенных формул осуществляется проекция многомерной матрицы \mathbf{D} на произвольную \mathbf{Q}^2 -плоскость. Также, обозначив пару ведущих осей и нормаль, направление вращения, при этом постепенно меняя угол поворота, можно наблюдать динамику спроецированных данных.

III. АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОДНОТИПНЫЕ ОБЪЕКТЫ В СОСТАВЕ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Как уже отмечалось ранее, во многих сложных технических системах присутствуют однотипные структурные единицы с идентичным набором параметром. Такие аналогичные части необходимо рассматривать в совокупности, что позволит увеличить «чёткость» многомерной проекции (увеличивается количество точек). В «облаках» такого вида максимальное количество точек будет находиться в группах, характеризующих стабильный режим работы устройства, относительно небольшие скопления будут характеризовать аномалии.

На примере визуализации данных состояния газокompрессорной станции «Арская» можно проиллюстрировать наличие аномальных состояний работы агрегатов в составе станции при использовании методики объединения исходных матриц данных однотипных объектов. Пример таблицы исходных данных приведен ниже

ТАБЛИЦА I ФРАГМЕНТ ИСХОДНОЙ ТАБЛИЦЫ ДАННЫХ

Дата	Катушка 1.3.1 Кольцевое, МПа	Катушка 1.3.1 Осевое, МПа	Катушка 1.3.1 Эквивалентное, МПа	Отвод 1.3.2 Эквивалентное, МПа
01.08.2018 00:01:21	-0,056	5,241	16,367	9,826
01.08.2018 01:00:16	-0,056	4,515	16,614	9,902
01.08.2018 02:00:15	-0,056	5,077	15,958	9,574

Устройства станции, например, газоперекачивающие агрегаты (ГПА), аппараты воздушного охлаждения (АВО), пылеуловители (ПУ), характеризуются набором параметров: кольцевые, эквивалентные, осевые напряжения на разных участках трубопровода (катушка, отвод и т.д.) в единицах МПа. Сведя все данные по соответствующим устройствам в одни таблицы, можно визуализировать их с помощью программы SpaceWalker. Воспользовавшись принципом рандомизации, выбрав пары осей и угол поворота случайным образом, получаем следующие проекции

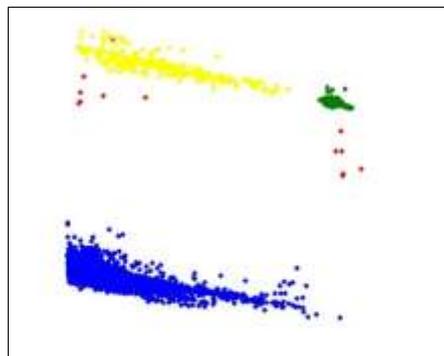


Рис. 1. Определение аномальных состояний совокупности АВО

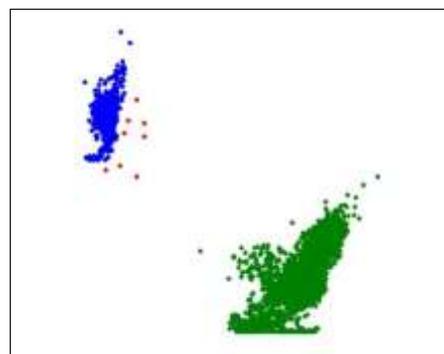


Рис. 2. Определение аномальных состояний совокупности АВО

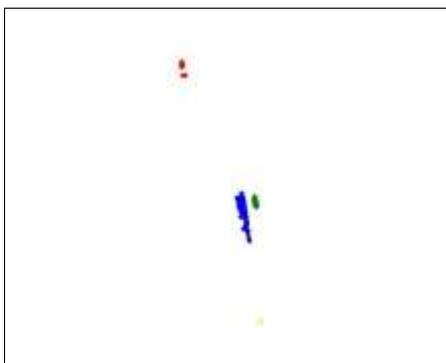


Рис. 3. Определение аномальных состояний совокупности ПУ

Из полученных картин видно, что, например, с определенного момента газоперекачивающие агрегаты перестают работать синхронно, что может являться последствием неисправности. АВО характеризуется двумя режимами работы, один из которых преобладает по времени. Про ПУ можно сказать, что имеет место частая смена режимов работы для обоих устройств, а также выделенная красным цветом группа точек характеризует неисправность в ПУ №6. Во всех остальных картинах

проекций красным цветом были выделены точки, которые, характеризуют переходные состояния при смене режима работы, либо просто выбросы.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология когнитивной визуализации многомерных данных позволяет проводить оценку состояния потенциально опасных техносферных объектов с последующим выявлением и количественным описанием временных промежутков, на которых наблюдалась аномалия в работе устройств. На основе методики объединения данных по однотипным техническим объектам в составе сложной системы, можно, выявляя участки их асинхронной работы, судить о наличии неисправности в соответствующем устройстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Газпром трансгаз Ставрополь // <https://stavropol-tr.gazprom.ru>. URL: <https://stavropol-tr.gazprom.ru/press/proekt-azbuka-proizvodstva/kompressornaya-stantsiya/>
- [2] Горохов В.Л., Муравьев И.П. Когнитивная машинная графика. Методы динамических проекций и робастная сегментация многомерных данных. Методология, методики и интерфейсы: Монография. СПб.: Издательство ИНЖЭКОН. 2007, 173 с.