

Топологические принципы генерации КОГНИТИВНЫХ ОБРАЗОВ

В. Л. Горохов, И. А. Брусакова, А. Д. Шинкевич
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
vlgorohov@mail.ru

Аннотация. В работе изложены новые принципы генерации изображений многомерных данных для мониторинга поведения сложных систем средствами когнитивной машинной графики. Эти изображения создают в сознании человека-оператора когнитивные зрелищные образы, которые выявляют топологические особенности структур многомерных данных. Подобные образы имеют эстетическую привлекательность и стимулируют интуицию человека в отношении предметной интерпретации свойств сложных систем породивших эти данные. Другими словами при восприятии этих образов человек-оператор способен выявлять отдельные геометрические свойства наблюдаемого образа и связывать их с предметным содержанием обрабатываемых многомерных данных. Предлагаются принципиально новые алгоритмические подходы когнитивной визуализации, основанные на представлении некоторого множества точек в многомерном евклидовом пространстве как топологического отображения в виде симплексов и полиэдров. Подобное разбиение евклидова пространства на симплексы позволяет выявлять в многомерных данных скрытые для человека-оператора топологические инварианты заключенные в данных, которые в определенном смысле, определяют ключевые характеристики поведения сложных систем. Весьма важной является возможность сочетать предлагаемую когнитивную технологию с современными возможностями интеллектуальных программных интерфейсов и программ многомерного статистического анализа данных.

Ключевые слова: когнитивный образ в многомерном пространстве; когнитивная визуализация многомерных статистических данных; алгоритмы когнитивной визуализации обстановки; системы поддержки принятия решений; чрезвычайные ситуации

1. ВВЕДЕНИЕ. КОГНИТИВНЫЕ И ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ КАК ОСНОВА ДЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ ПОВЕДЕНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В начале 21 века эволюция техносферы вышла на уровень генерации сложных нелинейных систем, обладающих свойствами уникальности, непредсказуемости и целенаправленности [1]. Развитие естественных наук, также вышло на необходимость представления природных явлений, как сложных нелинейных систем, обладающих выше перечисленными свойствами. Эти свойства породили и современные трудности в изучении фундаментальных свойств природы

и серьезный кризис развития техносферы [1]. Суть трудностей заключается в том, что человеку оператору приходится принимать решения по управлению сложными системами в условиях априорной неопределенности в отношении характеристик (непредсказуемость, большой объем, многомерность) этих систем. Подобные трудности предлагается решать с использованием методов топологии и гносеологии.

Таким образом, в настоящее время фокус внимания точных, естественных и технических наук сосредотачивается на генерации когнитивных новаций в физических, биологических, информационных, социальных, и технических системах, включая мир HiTech. Появление этих новаций вызвано необходимостью преодоления этого кризиса. Эти новации породили когнитивные технологии, киберфизические системы и интернет вещей. Как отмечается в ряде работ в эпоху глобализации, стремительной модернизации общества, проникновения социотехнических инноваций во все поры нашей жизни необходим новый интеллектуальный альянс, поистине синергия между объяснением, как устроены сложные системы, предсказанием развития, сопровождаемым инновационными скачками и эмерджентными событиями, стимулированием инноваций и предпринимательской (управленческой) активностью.

Проблема усугубляется тем, что реалии современного общества таковы, что в нем возрастает сложность форм социальной организации и сокращаются масштабы исторического времени, ускоряется его ход. Вследствие этого увеличиваются техносферные неопределенности и риски, в том числе и риски соскальзывания на катастрофические сценарии развития техносферы. Поэтому развитие когнитивных технологий является одним из ключевых факторов в преодолении этого кризиса. Само появление когнитивных технологий можно рассматривать как некий компонент феномена инновационной сложности. Феномен инновационной сложности может трактоваться как самоорганизацию сложных природных и социальных систем с целью устойчивого развития.

Эти инновации требуют более глубокого учета человеческого фактора. Подобный учет «человеческого капитала» становится возможен на основе фундаментальных достижений когнитивных наук и алгебраической топологии. При этом техническим инструментом для учета человеческих интенций, интуиции

будут выступать программные системы типа интеллектуальных интерфейсов. Подобные средства, обладая универсальностью и возможностью формировать диалог в любой предметной области (разумеется, после этапа обучения), могут обеспечить адекватный для пользователя диалог. Таким образом, может быть преодолена существующая ныне проблема «плохих» интерфейсов управления компьютерами (проблема ЮЗЕБИЛИТИ).

В рамках этого подхода в данной работе предлагается модернизация алгоритмов динамической визуализации многомерных данных порожденных сложными системами. Подобные алгоритмы позволяют человеку оператору увидеть геометрическую структуру многомерных данных, провести классификацию сложных систем и только потом появляется возможность количественно выявить многомерные зависимости между характеристиками этих систем с помощью многомерного статистического анализа. Работа алгоритмов динамической визуализации многомерных данных предполагает представление данных в виде «облака» точек в векторном n - мерном пространстве R^n . Далее традиционный алгоритм предписывает динамическое проецирование этого облака точек на выбранную оператором плоскость параметров с дальнейшей визуализацией этого динамического объекта.

Суть предлагаемой модернизации состоит в том, что предлагается, перед проецированием облака точек, провести построение топологических объектов – полиэдров, которые выявляют топологические особенности многомерных данных. Эти особенности (согласно современной теории динамических систем) выявляют ключевые характеристики сложных систем (инварианты). Далее предполагается визуализация этих топологических объектов (геометрических фигур) средствами динамической визуализации или средствами интегральной геометрии (восстановление по проекциям). Таким образом, человек оператор сможет увидеть на экране компьютера графический образ, отражающий фундаментальные свойства (фундаментальные инварианты) присущие сложной системе. Далее рассматривается конкретный алгоритм построения топологического объекта (полиэдра) для многомерных данных представляющих сложную систему.

II. АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО КЛАССА ИЗОБРАЖЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТРАЖАЮЩИХ МНОГОМЕРНЫЕ ДАННЫЕ И ПОРОЖДАЮЩИЕ КОГНИТИВНЫЕ ОБРАЗЫ

В векторном n -мерном пространстве R^n заданы m -точек вершин графа. Между точками задается α ребер (дуг). Оба конца каждого ребра входят в число вершин графа. Ребро, снабженное направлением называется ориентированным ребром и обозначается как Δ_i^1 . Образуется линейная форма в виде суммы $z = \varepsilon_1 \Delta_1^1 + \dots + \varepsilon_k \Delta_k^1$. Числовые коэффициенты есть целые числа. Такие объекты, называемые цепями, дают новые возможности для описания геометрических и топологических свойств фигур в n -мерном пространстве

R^n . Эти объекты позволяют использовать для описания геометрических структур методы абстрактной алгебры.

На этом примере показано, как геометрические объекты превращаются в объекты алгебраического характера. Таким образом, для описания геометрических свойств фигур можно использовать методы абстрактной алгебры. Если в каждой точке евклидова пространства задавать скаляр (или набор скаляров), то такое множество Δ^n представляет весьма богатый геометрическим и физическим содержанием объект который называется n - мерный симплекс. Более детальное описание топологических свойств многомерных данных может быть достигнуто за счет таких симплексов и их гомеоморфных образов. Симплексы на множествах точек многомерного евклидова пространства можно объединять регулярным образом, выявляя весьма информативные сложные геометрические фигуры, которые фиксируют важные инварианты поведения сложных систем. Напомним, что сложные системы являются источником многомерных данных. Такие фигуры, которые регулярным образом состоят из симплексов и называются полиэдрами. Именно визуализация полиэдров может выступать в качестве эффективного инструмента стимуляции геометрической и предметной интуиции человека оператора. Яркие примеры подобных эффектов приведены в ряде работ художника и выдающегося тополога А.Т. Фоменко [2] (рис. 1).



Рис. 1. Пример выявления класса изоэнергетических поверхностей динамических систем на основе визуализации суммы элементарных многообразий

III. ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО КЛАССА ИЗОБРАЖЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТРАЖАЮЩИХ МНОГОМЕРНЫЕ ДАННЫЕ И ПОРОЖДАЮЩИЕ КОГНИТИВНЫЕ ОБРАЗЫ

Другой пример приведен из практики когнитивной визуализации аномальных ситуаций в сложных системах, что обеспечивает своевременное обнаружение катастрофических или опасных ситуаций в поведении этих систем [3]. Проводится когнитивный анализ техносферных опасностей, выполненный в рамках сотрудничества с МЧС России. Исследование проводилось с участием и экспертизой сотрудников ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) («Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и

высоких технологий)). В качестве исходных данных для анализа использована информация о чрезвычайных ситуациях, произошедших в 1 квартале 2012 года (703 чрезвычайных ситуации). Возникающие на сотнях объектов чрезвычайные ситуации (ЧС) анализировались по следующим выделенным параметрам:

- месяц;
- состояние;
- масштаб;
- регион;
- количество пострадавших;
- количество погибших;
- личный состав;
- техника;
- источник ЧС.

Возможный вариант генерации когнитивных образов для топологического анализа этих ЧС (проекция топологического образа многомерного облака на плоскость, заданная парой осей параметров) приведен ниже:

С целью разработки мер по улучшению работы сложных систем мегаполиса выполняется когнитивный анализ [3]. Он позволяет вскрыть резервы и найти “узкие” места в работе отдельных производств, при этом выявляется ряд негативных факторов, которые ведут к снижению эффективности производств. Аномальные фрагменты сложных систем выявляются за счет топологической сегментации когнитивного образа и окрашиваются в соответствующие цвета рис. 2.

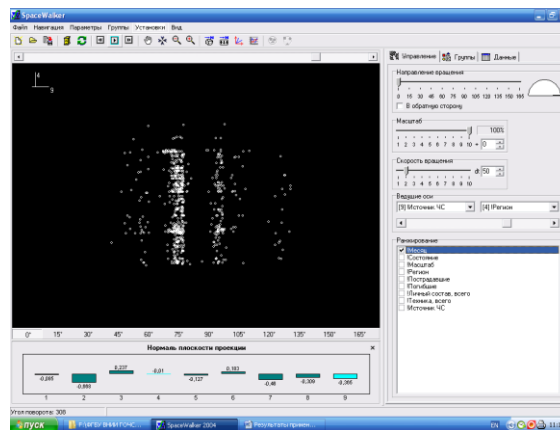


Рис. 2. Экран когнитивного интерфейса топологического когнитивного образа, описывающий сроки и регионы источников чрезвычайных ситуаций

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сформулировать важное направление научных исследований, на развитие которых требуется направить серьезные усилия. Это исследование особенностей и разработка алгоритмов и методических элементов топологического анализа когнитивных образов создаваемых для систем когнитивной машинной графики, в контексте инновационного сценария для развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Инновационная сложность Под ред . Князева Е.Н. СПб; Алтейя 2016. 346 с.
- [2] Фоменко А.Т. Наглядная геометрия и топология М. Изд-во «ЧЕРО» 1998. 211с.
- [3] Мягкие вычисления и измерения. Теоретические основы и методы: монография, том 1 /С.В. Прокопчина, В.Б Тарасов, В.Л. Лазарев, В.Л. Горохов, Ю.В. Барышев, В.В. Витковский, М.С. Куприянов , под ред. д.т.н. проф. С.В. Прокопчиной М.: ИД «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2017. 420 с.