УДК 00.007

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

THE PERSPECTIVE SYSTEMS FOR VISUAL DISPLAY OF INFORMATION

Е.А. Маркова – бакалавриат, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, кафедра, группа ПИ-119, E-mail: markoval01@mail.ru.

E.A. Markova – bachelor, Vladimir State University, E-mail: markoval01@mail.ru.

Аннотация: *Рассмотрены вопросы визуализации информации: актуальность, теоретическое обоснование, классификация методов и основной принцип построения систем визуализации. Объяснен процесс проектирования систем визуализации, состоящий из преобразования данных, визуального отображения и преобразования представления.*

Abstracts: *the issues of information visualization are considered: relevance, theoretical justification, classification of methods and the basic principle of building visualization systems. The process of designing visualization systems, consisting of data transformation, visual display, and representation transformation, is explained.*

Ключевые слова: *визуализация информации, классификация методов визуализации, эталонная модель визуализации.*

Keywords: *information visualization, classification of visualization methods, reference visualization model.*

Виртуальное пространство интенсивно влияет на окружающее человека реальное пространство и его деятельность в нем. Развитие

информационных технологий стало причиной ежегодного порождения сотен терабайт информации в локальных и глобальных сетях.

Несмотря на то, что распространение компьютерной техники визуализации началось в 1990-е г., визуальные средства имеют давнюю историю [3, с.2]. Примерами визуализации могут служить географические карты, периодическая таблица Менделеева и др.

Визуализация является мостом, связывающим зрительную систему человека и компьютер, помогая идентифицировать образы, строить гипотезы и извлекать идеи из огромных массивов данных, что способствует научному исследованию и прогнозированию [2, с.2]. В результате этой тенденции возникают новые коммуникативные, культурные и лингвистические явления, преобразующие окружающую нас культурную среду и влияющие на все ее составляющие.

Революционное развитие цифровых/кибернетических средств передачи визуальной информации, которые не только непрестанно создаются и усовершенствуются, но и активно встраиваются во все возможные приборы, механизмы и гаджеты, превращаются в регистраторы, коммуникаторы, виджеты и т.п., которые не могут не оказывать влияния на социальное взаимодействие, межличностное общение и особенно — на принципы и методы восприятия нового, «интегрального» типа информации. Так, фото и видеосъемка «с места событий» все более активно замещает смс-сообщения; электронные копии документов заменяют ксерокопированные; электронная передача показаний различных приборов заменяет текстовые уведомления и м.д.

Впервые термин *«визуализация информации»* был предложен в работе [4, с.2], чтобы описать представление абстрактной информации средствами визуального интерфейса. Авторы ранних систем визуализации подчеркивают важность интерактивности и анимации [5, с.2], механизма

динамических запросов [6, с.3], различных алгоритмов отображения визуальной информации на плоскость экранов компьютера. Современные системы визуализации сосредоточены, в первую очередь, на данных, порожденных деятельностью людей во Всемирной паутине [7, 8, с.3]: Интернет-трафик, блогосфера, взаимосвязи между людьми в социальных сетях, взаимосвязи между товарами в Интернет-магазинах, генерируемые вследствие деятельности покупателей, свободно создаваемые текстовые коллекции, например Википедия, и др. **Теоретическое обоснование визуализации информации.** *Визуализация информации* — безусловно мультидисциплинарная область, которая базируется на знании предметной сферы визуализируемых данных и процессов, понимании основ визуального восприятия человеком информации и владения математическими методами анализа данных.

Классификация методов визуализации

По области применения выделяют следующие виды визуализации:

Научная визуализация помогает ученым и инженерам более эффективно познавать физические явления, скрытые в больших объемах информации. Сведения могут быть получены путем имитационного моделирования или регистрации показаний различных датчиков, медицинских сканеров, телескопов, спутниковых систем и др. Отличительной чертой научной визуализации является физическая природа визуализируемых объектов, которые имеют природные аналоги, например, Земля, человеческое тело, молекула, ДНК и т.п.

Визуализация программного обеспечения и визуализация информации. Визуализация программного обеспечения обычно заключается либо в наглядном представлении программного кода, либо в анимации работы алгоритмов, что помогает инженерам управлять разработкой, отладкой, оптимизацией сложного программного

обеспечения. Типичным примером является система SeeSoft [10, 11, с.4], демонстрирующая изменения в программном коде. Анимация алгоритмов обычно используется в учебных целях.

Визуализация информации применяется либо к *структурированной*, либо к *неструктурированной* информации. Визуализация структурированных данных были линейные графики, графики распределений, столбчатые и круговые диаграммы и т.п. В настоящее время применяют методы анализа и разведки данных для обработки крупных массивов с последующей визуализацией, чтобы существенно облегчить обнаружение общих шаблонов в данных. Неструктурированная информация (например, коллекции текстовых документов, веб-страницы или архивы электронных сообщений) не имеет четко определенных переменных и атрибутов. В этом случае перед формированием графического представления требуется их определить и проанализировать.

По уровням визуализации выделяют [1, с.4]:

Таб. 1

Инфосфера	Некоторое обобщенное представление информационного пространства, содержащего данные и инструменты для решения задачи. *Например*, представление всей всемирной паутины или хранилища документов некоторой организации, или электронной библиотеки в виде абстрактного виртуального пространства, в котором содержится множество документов.
Информационное рабочее пространство	Рабочее место пользователя, обеспечивающее поддержку процесса решения задачи, уменьшение затрат на ее решение, вспомогательные материалы, напоминания и др.; информация, которой пользователь непосредственно манипулирует во время рабочего процесса. *Например*, GUI метафора рабочего стола.
Визуальные инструменты знаний	Сам набор данных, отображенный на некоторой подложке и оснащенный инструментами для манипулирования данными, выявления шаблонов, визуальных вычислений и кристаллизации знаний. *Например*, таблицы с линзами (Table Lens [1, с.4]);
Визуальные объекты	Выборка одного или нескольких подмножеств данных для конкретизации объектов взаимодействия. *Например*, выделение и манипулирование на анатомическом атласе объектами, относящимися только к одной или нескольким внутренним системам организма.

По методам представления информации выделяют основные типы представления информации:

Таб. 2

1D-подход	Абстрактную информацию отображают в виде одномерных визуальных объектов, представленных линейно или по окружности. Например, в БеeБой [11, с.5], системе отслеживания изменения программного кода, цвет показывает возраст строки кода, номер его релиза, авторство кода, а также цвет может указывать на то, была ли в строке устранена ошибка или добавлена новая функциональность и др.; в системе ТИеВаге [12, 13, с.5] — местоположение поисковых терминов в найденных документах.
2D-подход	Информация представляется в виде двумерных визуальных объектов. Примером являются самоорганизующиеся карты Кохонена (БОМ) [14, с.5], которые показывают коллекцию документов путем отображения автоматических категорий документов на плоскость. Их пространственная близость кодирует тематическую близость исходных документов и категорий.
3D-подход	Информация представляется в виде трехмерных визуальных объектов. Примером является система WebBook [15, с.5], которая отображает веб-страницы в виде трехмерной книги. К 3D-подходу также относят различные метафоры из реального мира: комнаты, книжные полки или здания, трехмерные версии изображения древовидных и сетевых структур. Например, это может быть трехмерное гиперболическое дерево для визуализации крупномасштабных иерархических взаимосвязей
Многомерный подход	Информация представляется в виде многомерных объектов посредством их проекции в трех- или двумерное пространство. Примером являются полнотекстовые документы, отображенные в пространство всех ключевых терминов коллекции документов.
Древовидный подход	Представляется информация об иерархических взаимоотношениях между объектами визуализации. Известными примерами систем, в которых применен данный подход, являются: иерархические карты TreeMap [9, с.5]— выделяется место на плоскости под узел дерева в соответствии с величиной некоторого атрибута; конические деревья Cone Tree [16, с.5] — используется трехмерная графика, чтобы больше узлов дерева разместить на экране; гиперболические деревья Hyperbolic Tree [17, с.5], которые отображают ветви дерева на гиперболическую плоскость.
Сетевой подход	Применяется в случаях, когда древовидная структура не способна удовлетворительно отразить всю сложность взаимосвязи между объектами визуализации. Пример сетевой визуализации отношений между друзьями автора работы в социальной сети Facebook [8, с.5].
Временной подход	Информация визуализируется в хронологическом порядке. Например, в системе VxInsight [18, с.5] изменяется внешний вид трехмерного ландшафта, когда пользователь выбирает различные временные отрезки с помощью специального ползунка.

По типу взаимодействия пользователя с визуализированными данными выделяют:

Статический подход. Визуализации данного типа представляют собой статические изображения данных. Такой вид в большей степени относится к информационной графике.

Интерактивный подход. При данном подходе реализуется оперативное взаимодействие пользователя с системой визуализации в целях прямой манипуляции изображенными объектами и выбора, какую информацию отображать, а какую — скрыть. В работе [19, с.6] выделены типы взаимодействия:

Таб. 3

Обзор	Дает общее (обзорное) представление обо всей коллекции объектов.
Масштабирование	Показывает с увеличением информацию, заинтересовавшую пользователя.
Фильтрация	Отфильтровывает не интересующие пользователя данные.
Детали по требованию	Осуществляет выбор объектов или групп объектов и по необходимости отображает подробную информацию о них.
Отношения	Показывает взаимосвязи между объектами информации.
История	Хранит информацию о действиях пользователя для обеспечения отмены, повтора и последующего уточнения.
Извлечение	Позволяет сделать выборку части коллекции по некоторым параметрам.

Основной принцип построения визуализации

Под основным принципом построения визуализации информации традиционно понимают *«эталонную модель визуализации»*, изложенную в работе [1, с.6]. Согласно данной модели, визуализация строится путем преобразования сырых данных в таблицы данных, таблиц данных — в визуальные структуры, а визуальных структур — в итоговое представление (рис. 1).

Преобразование данных. Сырые данные необходимо преобразовать в набор объектов и отношений, являющихся более структурированными,

пригодными для отображения в визуальную форму. С этой целью применяется информационный анализ, состоящий из двух этапов: индексации и анализа данных.

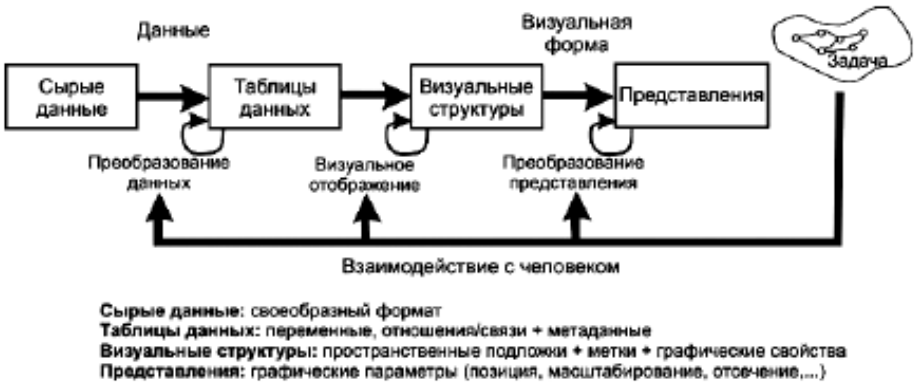

Рис. 1. Эталонная модель процесса визуализации

Индексация необходима для извлечения некоторых атрибутов объектов визуализации, передающих смысл и содержание самих объектов. Требуются различные алгоритмы индексации в зависимости от природы данных: например, алгоритмы обработки естественного языка (словари ключевых слов, ключевых фраз) для коллекций текстов; алгоритмы обработки изображений (сегментация по цвету, яркости, структуре) для коллекций изображений; алгоритмы обработки аудио (по звуку и высоте тона) для коллекций аудио-файлов; алгоритмы обработки видео (сегментация по сценам) для видео-коллекций.

На стадии *анализа*, как правило, применяются алгоритмы классификации и кластеризации. Первые распределяют объекты визуализации по предопределенным категориям, используя алгоритмы машинного обучения, например, «наивный» байесовский алгоритм, алгоритм *k*-ближайшего соседа, нейросетевые алгоритмы и др. Вторые динамически разбивают объекты визуализации на группы путем вычисления некоторой меры сходства между ними, например, алгоритм *k*-среднего, самоорганизующиеся карты Кохонена, иерархические алгоритмы

и др. В результате получают матрицы, описывающие объекты и взаимосвязи между ними и их группами.

Визуальное отображение. Полученные данные отображают в *визуальные структуры* несколькими способами. Такая структура легко и быстро может быть интерпретирована человеком с наименьшим числом ошибок, она по максимуму передает все различия в данных. Следует использовать не только намеренную обработку информации человеком (например, чтение текстовых надписей), но и иконическую память, и автоматические процессы обработки информации. Простыми примерами последнего являются *цвет* и *размер* объектов.

Базовым набором компонентов ***визуальной структуры*** являются:

Таб. 4

Пространственная подложка	Фундаментальным аспектом визуальной структуры является пространство, на котором все представлено. Следует внимательно выбирать те переменные, которые получат пространственное кодирование, т.е. их значения станут основой для позиционирования других объектов на *подложке*, например оси, если говорить о метрическом пространстве.
Метки	Выделяют четыре типа меток — видимых объектов на пространственной подложке: точки (0D), линии (1D), области (2D), поверхности (3D). Например, из точек и линий можно образовать особый вид топологической структуры — *деревья* и *графы*.
Графические свойства	Выделяют шесть базовых видов графических свойств, различимых глазом человека: цвет, форма, размер, текстура, ориентация и позиция в пространстве. Цвет, текстура, форма и ориентация наиболее подходят для демонстрации общих различий объектов; позиция, размер и степень градации серого — для отображения различий объектов по величинам значений некоторых общих атрибутов объектов.

Преобразование представления интерактивно изменяет и дополняет визуальные структуры. К пространственному понятию добавляют понятие времени и используют его, чтобы извлечь больше информации из визуализации. Выделяют основные типы преобразования представлений:

- **Пробы на местности.** Для обнаружения дополнительной информации из таблиц данных используют координаты размещения объектов на визуальной структуре. *Например*:

Таб. 5

Техника *подробности по требованию*	При выборе объекта на подложке появляются новые данные об объекте во всплывающем окне.
Техника *окрашивание*	При перемещении курсора мыши по некоторому участку возникают визуальные эффекты в графических метках других областей.
Для научных *3D-визуализаций*	Разрезание поверхности с целью увидеть «внутренний мир» трехмерных твердых тел.
Магические линзы	Получить альтернативный вид тех объектов, которые в данный момент находятся в указанной области визуальной структуры.

- **Управление точкой взгляда.** Используют аффинные преобразования для масштабирования, формирования панорамы и обрезки видимой области. Эти преобразования «увеличивают» визуальную структуру или изменяют точку взгляда, при этом детали структуры становятся более заметными. *Например*, техника «обзор + детали» динамически предоставляет детали и обзорную информацию в двух одновременно отображаемых окнах — в одном показана визуальная структура целиком, в другом — одна выбранная пользователем область структуры в увеличенном виде.

- **Искажение.** Модифицирует визуальную структуру для создания вида «фокус + контекст». Обзор и детали объединены в единую визуальную структуру. Например: техника «рыбий глаз» — динамически предоставляет детали (фокус) и обзорную информацию (контекст) в одном и том же окне; имитирует искажение контекста широкоугольной линзой в целях увеличения части визуальной структуры;

Искажение эффективно, когда пользователь способен осознать неискаженную визуальную структуру через ее графическое искажение.

Заключение

Очевидно, что развитие компьютерной индустрии и современные тенденции накопления информации в различных областях деятельности человека будут и дальше способствовать распространению, изучению и внедрению систем визуализации в целях обеспечения обзора и поиска информации, формирования идей и поддержки идеи проникновения в суть данных, представленных крупными массивами. Однако ряд факторов препятствует развитию данной области, например, отсутствие четкой формальной процедуры перехода от понимания, как визуализация потенциально может вооружить пользователя, до конкретной разработки системы визуализации, реализующей такой потенциал, а также отсутствие общей методологии оценки эффективности таких систем.

Список использованной литературы:

1. Кард С.К., Макинлей Дж. Д., Шнейдерман Б. Показания в визуализации информации: использование зрения для мышления. - Издательство Моргана Кауфмана, 1999. - 686 р.

2. Жу Б., Чэн Х. Визуализация информации // Ежегодный обзор информационной науки и техники. -2005. - Vol. 39, Issue 1. - P. 139-177. [Электронный ресурс]. - URL: http://ai.arizona.edu .- [Режим доступа свободный].

3. Тафти Э.Р. Визуальное отображение количественной информации. - Графическая Пресса, 1983.- 197 р.

4. Робертсон Г. Г., Кард С. К., Макинлей Дж. Д. Когнитивный сопроцессор для интерактивных пользовательских интерфейсов / / Proc. из UIST 89, ACM Symp. о программном обеспечении и технологии пользовательского интерфейса. - 1989. - P. 10-18.

5. Робертсон Г. Г., Кард С. К., Макинлей Дж. Д. Визуализация информации с использованием 3D интерактивной анимации / / коммуникации ACM. - 1993. - 36 (4). -P. 56-71.

6. Шнейдерман Б. Динамические запросы для поиска визуальной информации / / программное обеспечение IEEE.- 1994. - 11 (6). - P. 70-77.

7. Харрисон К. Проекты визуализации [Электронный ресурс]. - URL: http://www.chrisharrison.net/index.php/Visualizations/Welcomex. [Режим доступа свободный].

8. Стил Дж., Ильинский Н. Красивая визуализация: взгляд на данные глазами экспертов. - O'Reilly Media, 2010. - 416 р.

9. Шнейдерман Б. Древовидные карты для ограниченной пространством визуализации иерархий. - 1998-2009. [Электронный ресурс]. - URL: http://www.cs.umd.edu - [Режим доступа свободный].

10. Болл Т., Эйк . С. Г., Мокус А. Веб-анализ крупномасштабных программных систем. [Электронный ресурс]. - URL: http://www.mockus.us/papers/websoft/. -[Режим доступа свободный].

11. Эйк С. Г., Стеффенс Дж.Л., Самнер Э. Е. Seesoft: инструмент для визуализации линейно-ориентированного программного обеспечения // IEEE Transactions on Software Engineering. - 1992. - 18 (11). -P. 11-18.

12. Херст М. TileBars: визуализация информации о распределении терминов в полнотекстовом информационном доступе / / Proc. из ACM SIGCHI Conf. о человеческом факторе в вычислительных системах. - 1995. - P. 59-66.

13. Херст М., Баэса-Йейтс Р., Рибейро-Нето Б. Современный информационный поиск: гл. 10: пользовательские интерфейсы и визуализация. - Эддисон-Уэсли.- 1999. -P. 257-340.

14. Самоорганизация массового сбора документов / Т. Кохонен, С. Каски, К. Лагус, Дж. Салойгрви, Дж. Хонкела, В. Паатеро, А. Саарела // IEEE Transactions on Neural Networks. - 2000. - Vol. 11, No. 3. - P. 574-585.

15. Робертсон Г. Г., Кард С. К. Веб-книга и веб-фуражир: информационное пространство для Всемирной паутины. [Электронный ресурс]. -URL: http://www.acm.org. - [Режим доступа свободный].

16. Робертсон Г. Г., Кард С. К., Макинлей Дж. Д. Конусные деревья: анимированные 3D визуализации иерархической информации / / Proc. из ACM SIGCHI Conf. о человеческом факторе в вычислительных системах. - 1991. - P. 189-194.

17. Лэмпинг Дж., Рао Р., Пиролли П. Метод фокуса + контекста, основанный на гиперболической геометрии для визуализации больших иерархий / / Proc. из ACM SIGCHI Conf. о человеческом факторе в вычислительных системах.- 1995. - P. 401-408.

18. Бояк К. В., Уайли Б. Н., Дэвидсон Г. С. Визуализация предметной области с использованием VxInsight для управления наукой и технологиями / / журнал американского общества информационных наук и технологий. - 2002. - 53 (9). - P. 764-774.

19. Шнейдерман Б. У глаз это есть: задача по таксономии типов данных для визуализации информации / / Proc. IEEE Symp. о визуальных языках. - 1996. -P. 336-343.