

УДК 004.9

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К.А. Шаропин, О.Г. Берестнева, Г.И. Шкатова

Томский политехнический университет
E-mail: kashar@mail.ru

Мощным средством анализа информации являются интерактивные средства модификации графических представлений. В работе представлены различные подходы к визуализации результатов экспериментальных социальных и медико-психологических исследований. Приведены примеры решения прикладных задач.

Ключевые слова:

Методы визуализации, многомерные данные, представление информации в виде графических образов.

Key words:

Methods of visualization, the multivariate data, representation of the information as graphic images.

Введение

Визуализация информации – это представление числовой и текстовой информации в виде графиков, диаграмм, структурных схем, таблиц, карт и т. д.

Современные компьютерные технологии используют широкий спектр методов визуализации информации. Легкость построения графиков и диаграмм с помощью ЭВМ все заметнее меняет когнитивные навыки исследователя. Современные пакеты анализа информации позволяют строить сотни типов различных графиков и диаграмм. Исследователь может одним взглядом обнаружить особенности, выявить закономерности и аномалии в больших объемах информации. Мощным средством анализа информации являются интерактивные средства модификации графических представлений. Особенно широко графические методы используются в разведочном анализе данных, позволяя выявлять закономерности в многомерных массивах информации.

Самостоятельной ветвью компьютерной графики являются геоинформационные системы (ГИС технологии), наглядно представляющие пространственные характеристики объектов. Особенно эффективно использование цвета для выделения на карте отдельных регионов в соответствии со значениями исследуемого показателя. Современные методы визуализации информации широко используются для представления и анализа результатов компьютерного моделирования. Так в методологии иконологического моделирования визуализация позволяет пользователю выявлять различные формы пространственной и временной самоорганизации, анализировать поведение нелинейных систем и процессов.

Основные принципы визуализации информации

Для оптимального отображения информации в [1, 2] приводится ряд рекомендаций, которые могут быть использованы при разработке подсистем визуализации:

1. Состав и форма отображаемой информации, а также задачи и цели подсистемы визуализации определяются целями и задачами системы. В информационные модели должны быть представлены только те свойства, отношения, связи управляемых объектов, которые существенны и имеют определенное функциональное значение. Объем, состав, форма предъявленной информации должны соответствовать как решаемым задачам, так и психофизиологическим возможностям человека.
2. Модель должна быть наглядной, т. е. оператор должен иметь возможность воспринимать сведения быстро и без кропотливого анализа. Таким образом, модель должна давать наглядное представление о пространственном расположении объектов. В этом случае оператор будет иметь наглядное представление о таких свойствах управляемых объектов, как расстояние между ними, их принадлежность к какой-либо территориальной группе и т. п.
Достоинства наглядных моделей заключаются в том, что процесс восприятия такой же, как процесс восприятия реального объекта. Основная задача при разработке наглядных информационных моделей заключается в определении признаков, которые целесообразно отобразить наглядно и в допустимой степени схематизации. Но наглядность информационных моделей не всегда легко достижима, так как нередки случаи, когда объекты управления не обладают наглядными признаками. В этих случаях приходится решать задачи, близкие к тому, что в методологии науки определяется как визуализация понятий. Информационные модели, построенные по данному принципу, называются абстрактными. Достоинства абстрактных моделей заключаются в том, что они отображают свойства объекта, которые недоступны непосредственному наблюдателю.
3. Достижение легкой воспринимаемости отображаемой информации обеспечивается правильной организацией ее структуры. Это означает,

- что в информационной модели должны быть представлены не коллекция или пара сведений, так или иначе упорядоченных, а находящиеся к определенному и очевидному взаимодействию. Одним из средств достижения оптимальной структуры является хорошая компоновка информационной модели. В этом смысле разработка отображения на экране представляет собой задачу в какой-то степени эквивалентную задаче хорошей компоновки картины.
4. Важнейшим психическим процессом при слежении за сложными динамическими образами является антиципация, т. е. возможность прогнозирования развития ситуации оператором, для обеспечения которой следует наглядно графически отображать изменения параметров. Данное положение обеспечивается, если при проектировании информационной модели предусмотрено отображение:
 - конкретных изменений свойств элементов ситуации, которые происходят при их взаимодействии. В этих случаях изменения свойств отдельных элементов воспринимаются не изолированно, а в контексте ситуации в целом. Более того, изменение свойств одного элемента воспринимается как симптом изменения ситуации в целом;
 - динамических отношений управляемых объектов. При этом связи и взаимодействия информационной модели должны отображаться в развитии;
 - конфликтных отношений, в которые вступают элементы ситуации.
 5. Компоновка информации на экране должна учитывать, что горизонтальные движения глаз совершаются наиболее легко и быстро. Скорость движения глаз по кривым зависит от формы, и с помощью выбора формы можно варьировать время фиксации взгляда в той или иной области экрана. В местах расположения наиболее важных данных для процесса управления помещают структурные элементы, при движении по которым снижается скорость движения глаз.

Кодирование информации формой

Наиболее информативным является кодирование данных формой. Известно, что время декодирования и период латентной реакции на предметное изображение минимально по сравнению с другими методами кодирования (среднее время реакции на предмет – 0,4 с, на цветное изображение – 0,9 с, время фиксации взгляда на простых геометрических фигурах – 0,18 мс, на буквах и цифрах – 0,3 мс).

Основное значение при восприятии формы человеком имеет отношение «фигура-фон». Данное отношение имеет несколько видов описания:

- фигура имеет форму, фон относительно бесформен, фигура имеет характер вещи, фон же выглядит как неоформленный материал;
- фигура имеет тенденцию выступать вперед, фон – отступать назад, фон кажется непрерывно продолжающимся позади фигуры;
- фигура производит большее впечатление, чем фон и легче запоминается.

В психологии эмпирически выявлены некоторые принципы организации поля сигналов, пользуясь которыми можно влиять на отношение «фигура-фон».

1. Чем меньшую замкнутую площадь занимает какая-либо конфигурация, тем больше тенденция именно этому изображению выступать в роли фигуры.
2. В качестве фигуры, прежде всего, выделяются замкнутые конфигурации.
3. Симметричные конфигурации легче воспринимаются как фигуры, чем конфигурации ассиметричные.
4. В том случае, когда поле изображения заполнено однородными элементами, фигуру образуют те из них, которые пространственно расположены ближе друг к другу.
5. Если поле изображения заполнено разнородными элементами, то фигура образуется, прежде всего, теми из них, которые имеют сходство по форме или цвету.
6. Если те или иные элементы перемещаются по полю изображения в одном направлении и с одинаковой скоростью, то именно они выделяются как фигура.
7. Если расположить часть элементов в определенном порядке, то можно создать у наблюдателя установку, которая повлияет на восприятие остальных элементов.

Решающий момент выделения фигуры из фона имеет восприятие контура. Именно восприятие контура обеспечивает возможность дифференцированного восприятия формы, известного единства строения, пропорций и взаимосвязи частей. При восприятии контура наиболее информативными являются точки, в которых происходит резкое изменение направления линий.

Чем сильнее контраст между фоном и фигурой, тем легче и быстрее происходит выделение фигуры. Контур любой фигуры – это комбинации элементарных форм: прямая линия, угол и т. д. Вырез в фигуре или контуре различается лучше, чем выступ. Достаточно хорошо глаз воспринимает также величины углов. Чем сложнее контур фигуры, тем больше информации получает при восприятии человек. Процент ошибки опознания для симметричных фигур меньше, чем для несимметричных. Но при этом необходимо учитывать, что на сложном фоне правильность опознания контуров уме-

нышается. При кодировании данных формой используются следующие типы или методы: числом точек, линий, величиной площади фигуры, пространственной конфигурации изображения.

Кодирование числом точек используется для обозначения числа объектов в группе или числа групп; при этом можно вместо точек использовать простые геометрические фигуры. Человек без счета может определить количество точек, расположенных в случайном порядке, если их не более пяти. Если же количество точек больше пяти, то число ошибок опознаний резко увеличивается. Группировка точек в определенные схемы увеличивает точность оценки их количества. Если точки предъявляются на фоне других групп, сходных по структуре, то опознавание таких конфигураций резко понижается.

Размер или область, занятая какой-то конфигурацией, также может эффективно представлять значение данных, хотя подобно длине это плохая размерность стимула для кодирования тождественности данных. Эффективное разрешение при кодировании размером меньше, чем при кодировании длиной, потому что для кодирования размером требуется большая область отображения в пересчете на единицу данных. Однако, такое кодирование оказывает большой психологический эффект. Достаточно хорошо идентифицируется 4–5 градаций фигур по площади. Использование изображений объемных тел нецелесообразно, так как при оценке величины человек обычно ориентируется на площадь фигуры, а не на ее объем. При сравнении с некоторыми эталонами, находящимися в информационном поле оператора, точность оценки величины площади фигуры резко возрастает. Можно добавить, что само изменение площади фигуры несет в себе некоторую информацию, а размещение изображения в определенном месте поля зрения оператора может нести определенную смысловую нагрузку.

Представление информации в виде образов

Наиболее эффективным и несущим наибольший объем информации является представление данных в виде образов или картин. Восприятие человека устроено так, что его мозг, взаимодействуя с внешним миром, воспринимая и осмысливая поступающую информацию, настраивается на определенные образы или эталоны, которые легко, без необходимого приспособления и тренировки, воспринимаются им и требуют дополнительного кодирования.

Основными преимуществами метода образного кодирования являются:

- возможность согласования большого потока информации с пропускной способностью сенсорных анализаторов человека;
- значительное сокращение объема ненужной информации;
- существенное снижение необходимости в априорных сведениях об изучаемом объекте;
- компактность в отношении занимаемой площади;
- широкие возможности перестройки для обслуживания объектов различного назначения.

Поскольку человек – существо социальное, то наибольшее значение для него приобретают контакты с другими людьми. Это приводит к тому, что человек обучается распознавать огромное количество лиц. По выражению лица, мимике мы мгновенно определяем эмоциональное состояние человека, но наряду с основными эмоциональными состояниями мы различаем десятки их оттенков. Причем малейшие изменения в лице могут быть сразу замечены окружающими. Этим определяется высокая информативность как самого лица, так и его выражения. Эта информативность лица передается в фотографиях, рисунках, карикатурах и т. д.

Анализ графической информации базируется на способности индивида интуитивно находить сходство и различия в объектах, при этом особенно хорошо запоминаются и распознаются черты лица. Указанные особенности человеческого восприятия эффективно используются в диаграммах «лица Чернова». Каждый объект представляет собой схематичное изображение лица, определенным чертам которого (ширине лица, длине носа, изгибу бровей, форме рта и т. д.) соответствуют относительные значения выбранных переменных (рис. 1).

Область применения системы лица разнообразна, но особенно перспективным является применение подобной системы для отображения медицинской информации, поскольку ряд физиологических характеристик человека непосредственно проявляется в чертах лица. Так, по лицу можно с большой вероятностью правильно определить возраст человека, наличие избыточного веса, эмоциональное состояние, пол и т. п. Использование таких прямых ассоциаций резко сокращает время декодирования, т. е. перехода от изображения к исходному кодируемому значению параметра. Применение компьютерной графики для синтеза изображения лиц из физиологических данных позволяет получать физиологический портрет испытуемого в прямом смысле этого слова.

Визуализация экспериментальных данных, представленных в виде числовых таблиц

В медико-психологических исследованиях результаты эксперимента часто представлены в виде числовых таблиц. Методы визуализации такого рода информации основаны, как правило, на переходе от многомерной к двумерной системе координат (рис. 2) (метод главных компонент [3], методы структурного упорядочения, предложенные Е.П. Попечителевым с соавторами [4]).

Рассмотрим алгоритм формирования координат объектов в методе начального упорядочения [4].

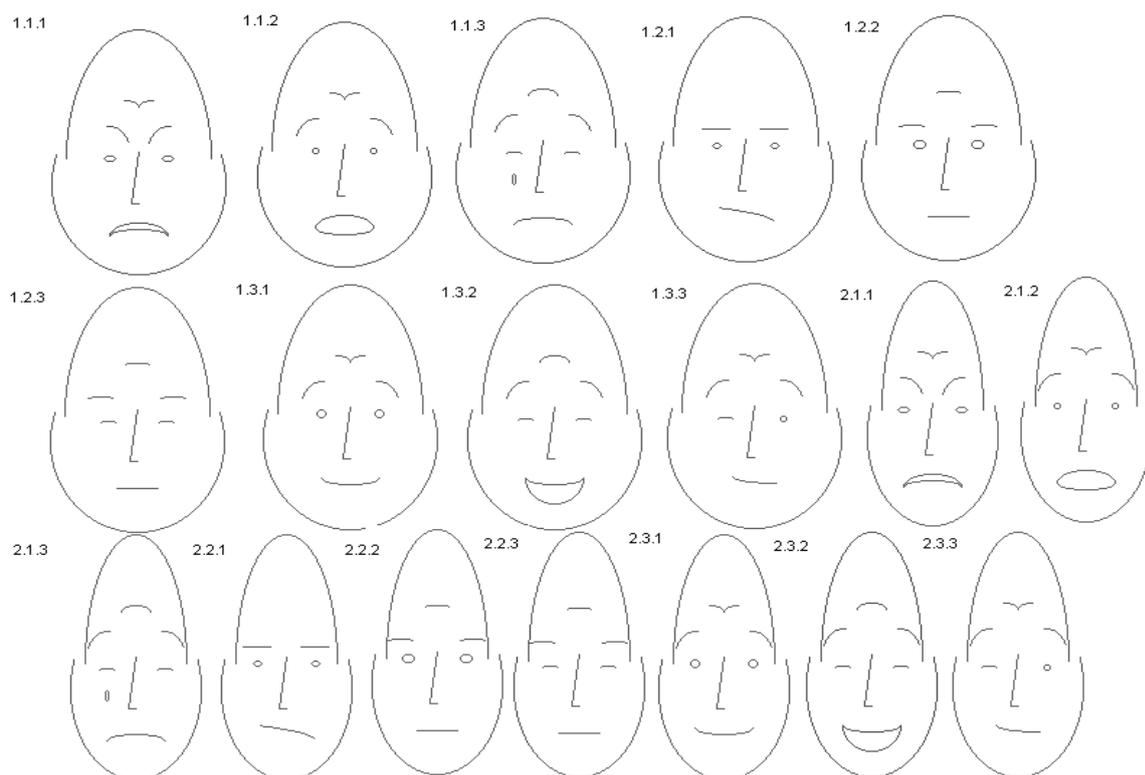


Рис. 1. Примеры визуализации информации с помощью алгоритма Чернова

Для оценки рассогласования структур в R^L и R^2 вычисляется матрица $D_N(X)=[d_{nk}]_{1,1}^{N,N}$ взаимных расстояний d_{nk} между элементами X_n и X_k из выборки X :

$$d_{nk} = d(Y_n, Y_k) = \left[\sum_{l=1}^L (x_{nl} - x_{kl})^2 \right]^{1/2}.$$

В n -й строке такой матрицы записаны расстояния от некоторого n -го элемента X_n до всех остальных $(N-1)$ элементов множества $\{X_n\}_1^N$, а k -й столбец матрицы образован расстояниями от всех элементов множества $\{X_n\}_1^N$ до некоторого k -го элемента. Любую n -ю строку матрицы $D_N(X)$ можно рассматривать как результат упорядочения элементов $\{X_n\}_1^N$ относительно n -го элемента X_n путем отображения этого множества на числовую ось действительных чисел R_n^+ . Задавая на оси R_n^+ положение n -го элемента и принимая его за начало отсчета (точку Y_n , координата которой на оси R_n^+ равна нулю), можно упорядочить образы $\{Y_n\}_1^N$ выборки X на оси R_n^+ относительно n -го элемента, используя в качестве меры упорядочения расстояние от элемента X_n до всех остальных $(N-1)$ элементов.

Из точки $Y_n R_n^+$ (начало отсчета в R_n^+) построим перпендикулярно к оси R_n^+ другую числовую ось R_k^+ , при этом k -й элемент выборки X расположим в точке пересечения осей R_n^+ и R_k^+ , а на ось R_k^+ отобразим множество $\{X_n\}_1^N$, подобно тому, как это было осуществлено для оси R_n^+ . Координаты элемен-

тов $\{Y_n\}_1^N$ на оси R_k^+ представляют собой расстояния от k -го элемента до всех остальных $(N-1)$ элементов и позволяют судить о группировке векторов $\{X_n\}_1^N$ около вектора X_k . Эти две оси R_n^+ и R_k^+ определяют некоторую псевдоплоскость $(R^+)^2$.

Таким образом, выбирая две любые строки (или два столбца) матрицы $D_N(X)$, можно образовывать новые псевдопространства $(R^+)^2$ образов $\{Y_n\}_1^N$ множества $\{X_n\}_1^N$. Полученная проектированием множества $\{X_n\}_1^N$ в $(R^+)^2$ совокупность образов $\{Y_n\}_1^N$ используется в качестве начального приближения для итерационной процедуры.

Данный подход был использован для визуализации экспериментальных данных в информационной системе оценки и мониторинга психофизиологического состояния беременных женщин [5].

Эффективность метода зависит от «хорошего» выбора строк матрицы $D_N(X)$, который не должен быть совсем случаен. Выбор близких в R^L элементов X_n и X_k в качестве центров упорядочения остальных $(N-1)$ элементов на осях R_n^+ и R_k^+ нерационален, т. к. не дает существенно новой информации об упорядоченности выборки X , поэтому необходимо выбирать элементы X , относительно удаленные друг от друга. В этой связи в качестве центров упорядочения нами были выбраны «эталонный» объект и объект, имеющий наихудшие параметры (рис. 2).

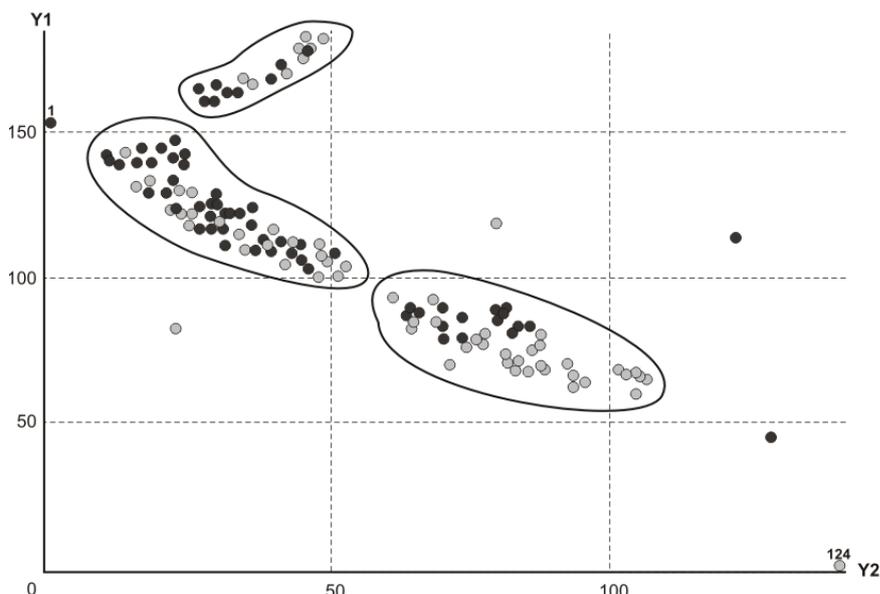


Рис. 2. Отображение психофизиологического состояния различных групп беременных женщин в пространстве $(R^+)^2$

Выводы

Приведенные в работе методы иллюстрируют два основных подхода решения проблемы рационального обобщения и повышения наглядности отображаемой информации.

Первый подход – наиболее перспективен в задачах отображения текущего состояния отдельного биообъекта (например, психофизиологического состояния человека).

Второй подход позволяет эффективно решать задачу отображения многомерных объектов на

плоскости, т. е. задачу сокращения признаков пространства. Это особенно актуально при выделении однородных групп объектов (задача кластеризации).

Результаты проведенных авторами экспериментальных исследований позволяют уверенно утверждать, что визуализация является одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности методов анализа и представления информации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-06-00313а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные методы представления и обработки биомедицинской информации / под ред. Ю.В. Кистенева, Я.С. Пеккера. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 336 с.
2. Горохов В.Л., Лукьянец А.А., Чернов А.Г. Современные методы когнитивной визуализации многомерных данных – Томск: Некоммерческий фонд развития региональной энергетики, 2007. – 216 с.
3. Дюк В.А., Эммануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
4. Попечителей Е.П., Старцева О.Н. Аналитические исследования в медицине, биологии и экологии – М.: Высшая школа, 2003. – 279 с.
5. Берестнева О.Г., Добрянская Р.Г., Муратова Е.А., Шаропин К.А. Интеллектуальная система выявления групп риска среди беременных женщин // Информатика и системы управления. – 2008. – № 2 (16). – С. 22–23.

Поступила 31.03.2010 г.