

Значение особенностей зрительного восприятия для интерпретации визуальных моделей произвольных данных *

А.А. Захарова, А.В. Шкляр

zaa@tpu.ru

Томск, Россия, Институт кибернетики, Томский политехнический университет

Работа посвящена вопросам исследования особенностей зрительного восприятия человека в качестве ключевого фактора, определяющего результативность визуального анализа информации, имеющей различное происхождение, степень сложности или тип. Предложено использовать понимание процесса зрительного восприятия в качестве управляющего параметра в формализованной процедуре построения визуальных моделей данных. Оправданное применение инструментов визуализации, являющееся следствием этого подхода, обеспечивает усиление когнитивного потенциала визуального анализа.

Ключевые слова: визуальная модель, зрительное восприятие, интерпретация.

The Value of Features of Visual Perception to Interpret Visual Patterns of Arbitrary Data*

A.A. Zakharova, A.V. Shklyar

Tomsk, Russia, Institute of Cybernetics, Tomsk Polytechnic University

Work is devoted to studies of the human visual perception as a key factor determining the effectiveness of visual analysis of information of different origins, the degree of difficulty or the type. It is proposed to use the understanding of the process of visual perception as a control parameter in a formalized procedure for the construction of visual data models. Justify the use of visualization tools, which is a consequence of this approach, provides amplification of the cognitive potential of visual analysis.

Keywords: visual model, visual perception, interpretation.

1. Введение

Визуальный анализ является эффективным, удобным, распространенным и привычным методом исследования экспериментальных, расчетных и даже абстрактных данных. Современные технические средства визуализации позволяют получать изображения высокой степени сложности, соответствующей, при необходимости, фотореалистичному восприятию. Эта возможность создает условия для построения визуальных моделей данных, интерпретация которых опирается на широкий спектр когнитивных функций, свойственных зрительному восприятию человека.

В качестве опорного понятия будем называть методом визуализации алгоритм сопоставления между некоторыми исходными данными и зрительно воспринимаемым объектом. В этом подходе, указанный объект назовем визуальной моделью, а построение алгоритма сопоставления – задачей визуализации [5].

Разнообразие существующих и появляющихся технических возможностей, используемых для создания визуальных моделей, делает актуальными обобщение и формализацию процедуры построения таких моделей при практическом использовании методов визуального анализа. Решение этой задачи позволит использовать существующие технологии

визуализации в качестве полноценного инструмента научных исследований, соответствующего уровню сложности современных задач.

2. Восприятие и интерпретация образов

Зрительное восприятие является сложным, неоднозначным и слабоизученным процессом [3]. При создании визуальных моделей любых данных решается, как минимум, одна из следующих задач: передача информации наблюдателю или поиск нового смысла в данных посредством анализа визуальной метафоры. В первом варианте возникает проблема точности интерпретации зрительного образа, а в другом – стимулирования когнитивных механизмов, участвующих в создании новой информации об изучаемой системе.

Решение этих задач происходит постоянно, анализ зрительной информации является естественной и непрерывной функцией мозга человека [2]. Однако, индивидуальные особенности восприятия, сформированные как результат собственного развития, не позволяют эффективно использовать этот активный потенциал в общем случае. Таким образом, формулируется задача поиска или построения системы инвариантных образов, которые могли бы стать основанием для построения предсказуемо интерпретируемых визуальных моделей.

Для задач визуализации, целью которых является получение совершенно новой для наблюдателя информации при помощи активных когнитивных про-

Работа опубликована при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-07-20347

цессов, интерпретация, жестко предопределенная заранее, является осложняющим обстоятельством. Понимание присутствия этих разнонаправленных факторов при взаимодействии с визуальными образами приводит к актуальной задаче создания формализованной многопараметрической процедуры разработки визуальных моделей данных.

3. Визуальные высказывания

Визуализация как научный метод опирается на идею возможности представления информации о любом объекте или системе в виде визуального образа [6]. Разработка принципов унификации такого представления необходима для обеспечения быстрого и управляемого обмена информацией между людьми. Участие визуализации в информационном обмене, распространенность и ее активное использование приводят к необходимости создания инструментов, обеспечивающих визуализацию признаками и возможностями языковой системы. Вместе с формированием словаря «визуального языка» уже ведутся работы, нацеленные на определение принципов, способных обосновать синтаксис, лексику и более сложные аспекты «визуального языка».

Ближайшим шагом в этом направлении предлагается исследование закономерностей построения «визуальных высказываний», т.е. последовательностей или совокупностей зрительных образов, интерпретация которых имеет большее информативное содержание, чем каждый из образов по отдельности. Восприятие и интерпретация таких «высказываний» является менее изученным процессом, чем для статичных образов. Одним из перспективных графических инструментов, соответствующим этой задаче, определена компьютерная анимация. В свою очередь, привлечение анимации к решению информационно-аналитических задач создает условия для ее собственного развития в новом направлении.

Зрительное восприятие обладает совершенно особыми механизмами, функционирование которых происходит по правилам, определение и исследование которых является важной задачей. Обозначение границ применимости или эффективной результативности каждого конкретного метода визуализации позволит снизить ресурсоемкость визуального анализа, уменьшая время предварительного обоснования допустимости выбранной модели [2].

Наряду с традиционным визуальным сопоставлением, распознаванием или выделением при переходе к изучению визуального языка следует учитывать более сложные виды взаимодействия с информативным образом. Ассоциативное мышление, эмоциональный отклик или эстетические предпочтения могут оказывать существенное влияние на

когнитивное взаимодействие с визуальным образом информации, особенно, если это насыщенный поток данных. Изучение этих явлений нуждается как в теоретических, так и в экспериментальных исследованиях [9].

Зрительное восприятие человека функционирует таким образом, что позволяет анализировать и запоминать широкий поток информации непрерывно, с множеством деталей и особенностей, включая изменения состояния образа во времени. Это обстоятельство позволяет изучать визуальный язык, как инструмент, оперирующий параллельными высказываниями с высокой степенью информативности и интерпретируемости. Следовательно, возможна разработка множества новых визуальных моделей, отличных от традиционных, и при этом не уступающие им с точки зрения информационной содержательности.

4. Экспериментальное исследование

Понимание того, каким образом у каждого конкретного наблюдателя происходит формирование понимания смысла наблюдаемого им образа, на современном этапе развития науки остается слабоизученным и неоднозначным. Исследование этой проблемы в контексте применения инструментов визуализации для анализа произвольной информации имеет первостепенное значение. Выявление общих закономерностей восприятия, определение приемов, позволяющих эффективно реализовывать индивидуальный когнитивный потенциал, правила построения визуальных моделей, обладающих предсказуемой интерпретируемостью у широкого круга наблюдателей – эти и многие другие вопросы являются важнейшими для развития визуального анализа и компьютерной графики.

Одним из важнейших приемов, участвующих в создании визуальных моделей, является метафора представления – набор выразительных средств, определяющих зрительный образ и помогающий зрителю понять смысл визуализируемой информации при помощи сопоставления особенностей исходной информации и свойств самого образа [7]. В настоящее время, авторами разрабатывается серия экспериментов, направленных на выявление степени интерпретируемости и когнитивной значимости различных метафор визуального представления. Первая задача, сформулированная в этом направлении, посвящена оценке и сравнению традиционных приемов визуализации информационной основы различной степени сложности. В числе таких приемов находятся двух- и трехмерные образы плотности значений, структурные схемы, изометрические поверхности, линии тока и т.д. [4]

Для следующего этапа исследований разрабатываются тестовые программы по определению применимости современных технологических решений в

области компьютерной графики для получения новых визуальных метафор. Основным направлением этого этапа предложено привлечение приемов интерактивного взаимодействия исследователя с виртуальной средой для их объединения с изучением визуальных образов информации.

Отдельными задачами рассматриваются исследование особенностей взаимодействия наблюдателя с динамически изменяющимися данными, определение времени интерпретации, скорости анализа и запоминания для таких моделей. Изучение этих процессов проводится для обоснования разрабатываемых выразительных средств «визуального языка».

4.1 Тестовый стенд

Построение визуальных моделей, обладающих предсказуемой интерпретируемостью, требует фактических данных, на основании анализа которых можно будет определить преимущество одного способа визуализации перед другим. Возникает задача измерения параметров такого сложного процесса, как понимание зрителем смысла наблюдаемого им визуального образа. С этой целью был разработан тестовый стенд, позволяющий получать численные характеристики величин, связанных с интерпретацией визуальной модели.

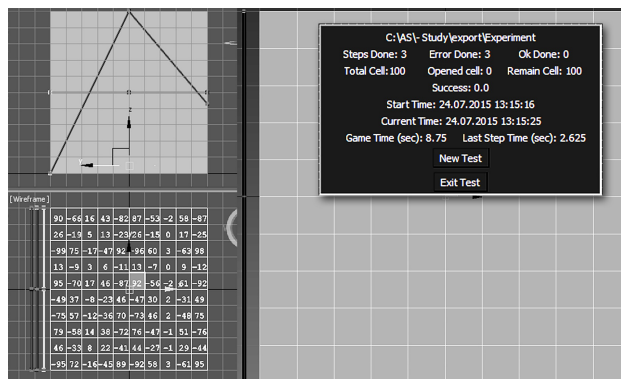


Рис. 1: Интерфейс тестового стенда

Тестовый стенд представляет собой интерактивную виртуальную среду, позволяющую наблюдателю взаимодействовать с исходной информацией в рамках ограничений, являющихся условиями проводимого эксперимента (рис. 1). Исходной (исследуемой) информацией является распределение в виртуальном пространстве стенда некоторых данных, например, значений скалярного или векторного поля. Для каждого проводимого эксперимента граничным (начальным) условием является предположение, что участнику эксперимента не известно ничего об этом распределении, кроме того факта, что существует определенная закономерность, которому оно подчинено. Человек, принимающий участие в отдельном эксперименте, является исследователем, задачей которого является выявление

возможных закономерностей в исходных данных на основании наблюдений за визуальной моделью.

Любой эксперимент, проводимый с помощью стенда, представляет собой тест, состоящий из последовательности дискретных шагов, обладающих фиксируемой результативностью. На каждом шаге наблюдатель высказывает предположение о значении исходной величины в выбранной им самой точке экспериментального пространства. Если сделанное предположение соответствует действительности, то исследователь получает этому подтверждение и значение считается определенным. Эта процедура повторяется до определения значений во всех точках или до достижения заданной степени безошибочности, определяемой как последовательность точных предположений. Одной из основных задач эксперимента является выявление момента, после которого наблюдатель сможет понять закономерность, которой подчинено исходное распределение.

Величинами, измеряемыми в ходе эксперимента, являются соотношение правильных предположений и их общего числа («интерпретируемость»), время достижения заданного уровня этого параметра, интервал между правильными предположениями («время принятия правильного решения»), изменение среднего времени на принятие решения как зависимость от объема уже известных данных и т.д. Информация о необходимых количественных характеристиках проходящего эксперимента постоянно присутствует в поле зрения наблюдателя. Кроме того, возникает возможность наблюдения за индивидуальными особенностями восприятия каждого участника, изменением скорости появления правильных или ошибочных решений («утомляемость»), и даже объяснения с помощью результатов наблюдений выбираемой стратегии исследования неизвестных данных [10].

Переход к изучению особенностей визуального восприятия происходит после дополнения описанной выше схемы стенда компонентами визуальных моделей. Замена или дополнение символического отображения значений исходной величины в дискретных точках пространства на соответствующий им зрительный образ позволяют сравнивать процессы анализа наблюдателем визуализированных данных. Указанные выше измеряемые характеристики интерактивного взаимодействия с пространством тестового стенда теперь могут рассматриваться как численные данные, описывающие свойства зрительного образа. Возникает возможность анализа и сравнения свойств визуальных моделей данных с точки зрения их эффективной интерпретируемости.

Таким образом, предлагается набор измеряемых параметров, описывающих свойства визуальных

моделей. Управление значениями этих параметров в заданном диапазоне делает визуальные модели контролируемым инструментом анализа данных. Это делает возможным введение классификационных признаков задач визуализации, опирающихся на измеряемые величины. Важной особенностью этих параметров является их зависимость как от постановки задачи визуализации, типа изучаемых данных, использованного способа визуализации, так и от особенностей восприятия наблюдателей. Таким образом, характеристики наблюдателя становятся неотъемлемой частью задачи визуализации.

4.2 Визуализация скалярного поля

При помощи описанного выше тестового стенда проведена серия экспериментов, целью которой являлись определение и сравнение свойств некоторых существующих визуальных моделей, примененных для анализа одного из типов данных. Разделение данных на типы (эмпирические, абстрактные, гипотетические и т.д.), с учетом предположения о возможности визуализации любого из них, имеет смысл с точки зрения выделения их особенностей. Специфика данных становится параметром задачи визуализации, поэтому представляет интерес исследование характеристик визуальных моделей для всех типов данных. Визуальные модели пространственного распределения скалярных величин широко и давно используются для их анализа. Во многом существующие приемы визуализации являются следствием технических возможностей того периода истории науки, к которому относится их появление. Современные возможности компьютерной графики приводят к разработке совершенно иных приемов. Их сравнительная эффективность также может быть изучена, чтобы определить преимущественную сферу применения [1].

В рассматриваемой задаче визуализации скалярного поля исходными данными, подвергаемыми визуальному анализу, является распределение числовых значений на плоскости. Распределение формируется как комбинация из нескольких элементарных функций, зависящих от пространственных координат, со случайными весовыми параметрами. В начале эксперимента исследователю ничего не известно о возможном виде распределения, кроме диапазона допустимых значений. Действия исследователя представляют собой пошаговое повторение алгоритма, состоящего из выбора ячейки тестового поля, получения конечного набора возможных значений исследуемой скалярной величины и выбора варианта, который, по мнению исследователя, наиболее близок к правильному. В эксперименте диапазон допустимых значений разбивался на десять равных участков, создавая таким образом большой выбор вариантов, но не увеличивая

время эксперимента сверх порога утомляемости его участника.

В случае, когда сделанное предположение оказывалось правильным, т.е. ближайшим к истинному значению изучаемой величины в данной точке, текущий шаг засчитывался как «достоверный» в статистике эксперимента. Возможность перехода к новой ячейке без необходимости получения правильного значения на предыдущей не ограничивалась. Подобная организация эксперимента должна имитировать процесс зрительного восприятия, когда человек изучает незнакомый ему объект. Получаемые таким образом данные о предпочтительной последовательности наблюдения за отдельными частями образа также дают информацию, которую следует учитывать при разработке визуальных моделей. Целью описываемого экспериментального исследования является выявление возможных закономерностей, влияющих на зрительное восприятие в общем случае. Также исследуются когнитивные процессы, приводящие к возникновению новой информации в мозге человека при анализе визуального образа или их последовательности.

Для определения влияния именно визуального анализа исследование любой визуальной модели содержало три серии экспериментов. Задачей тестов из первой серии было определение значимости собственных способностей исследователя для анализа неполных (фрагментированных) данных без участия зрительного восприятия. Для создания такого ограничения исследователю, сделавшему правильное предположение о значении исходного распределения в выбранной точке, лишь сообщалось об этом, а ячейка, в которой было верно определено значение, помечалась цветом. Таким образом, в анализе данных были задействованы память участника эксперимента, его аналитические способности и, вероятно, интуиция.

Во второй серии тестов к поиску закономерностей в исходных данных подключался анализ визуальных данных. Ограничением этой серии было представление информации, правильно определенной в ходе эксперимента лишь в символьном виде. Для этого ячейка не помечалась цветом, а заменялась на цифровое значение, соответствующее исходному распределению. В третьей серии экспериментов оценивалась эффективность использования визуальных моделей в сравнении с результатами первых двух серий. Цифровое значение, в этой постановке, дополнялось или заменялось фрагментом визуальной модели исходных данных. Вариант тестов, в котором одновременно визуализированы и символьная и графическая модель, предполагает ознакомление участника эксперимента с метафорой представления только в ходе теста.

4.3 Анализ экспериментальных данных

Для экспериментов из первой серии, в которых в постоянном распоряжении наблюдателя находится лишь информация о координатах правильных предположений, типичный результат определения исследователем собственного «интуитивного потенциала» выглядит так (рис. 2). Кривая, расположенная в правой части, показывает изменение значения «интерпретируемости» - соотношения правильных решений и общего числа шагов, в ходе эксперимента.

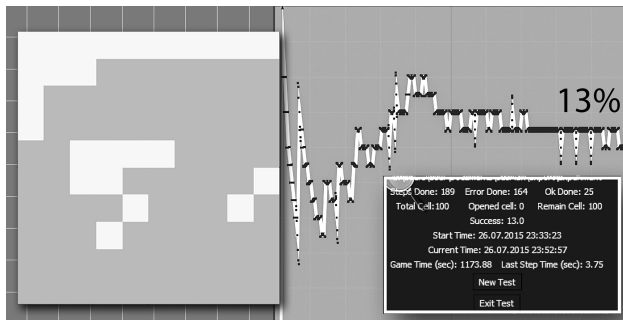


Рис. 2: Эксперимент первой серии (уровень интерпретируемости – 13%, информированность – 23%, время теста – 1170 сек.)

Эта ситуация рассматривается как «нулевой» уровень визуализации, т.е. принимается точка зрения, что визуальный анализ в ней не имеет никакого влияния на выдвигаемые предположения относительно исследуемого распределения. Для разных исходных данных и разных участников число правильных предположений колебалось в среднем от 12 до 25% общего числа принятых решений. Во всех остальных тестах, когда для наблюдения были доступны любые формы напоминания об определенных ранее значениях исходных данных, считалось, что результат определяется взаимодействием наблюдателя с визуальной моделью.

На рис.3 представлено состояние стенда при проведении эксперимента из второй серии. В этом случае правильно определенные данные постоянно доступны для наблюдения. Таким образом, считаем, что визуальной моделью являются именно цифровые обозначения, расположенные в соответствующих точках пространства. Задачей этой серии являлось изучение возможных изменений в процессе понимания закономерности в исследуемых данных. Причиной таких изменений могла быть только визуализация фрагментированных данных.

Проведенные измерения показали несколько отличий от результатов первой серии. Число правильно сделанных предположений с самого начала теста становится выше результатов первой серии. Спустя некоторое время этот параметр заметно возрастал. Это позволяло утверждать, что наблюдателем

определена закономерность, присутствующая в исходных данных. На этом этапе количество правильных предположений достигает 40-50%.

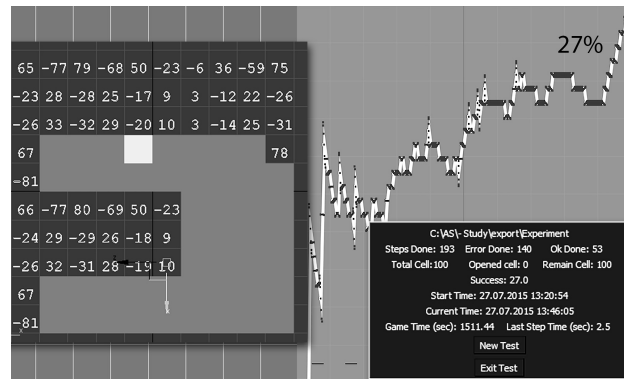


Рис. 3: Ход тестирования второй серии (уровень интерпретируемости – 27%, информированность – 62%, время теста – 1511 сек.)

При определении порогового значения уровня информированности (т.е. числа точно установленных значений из всех возможных), необходимого для определения вида изучаемой закономерности, было установлено, что это значение, в основном, оказывается в диапазоне 30-45% и зависит от индивидуальных качеств наблюдателя, а также от выбираемой им последовательности исследования тестового поля.

В одном из вариантов экспериментов третьей серии цифровые данные, появившиеся во второй серии, дополнялись картой цветového кодирования. Возможен также вариант, в котором цифровые данные убираются с тестового поля, однако, это приводит к необходимости введения в поле зрения шкалы цветového кодирования. В общем случае, наблюдателю предоставлялась возможность самостоятельно определения правил кодирования, которые и являются метафорой представления (рис.4).

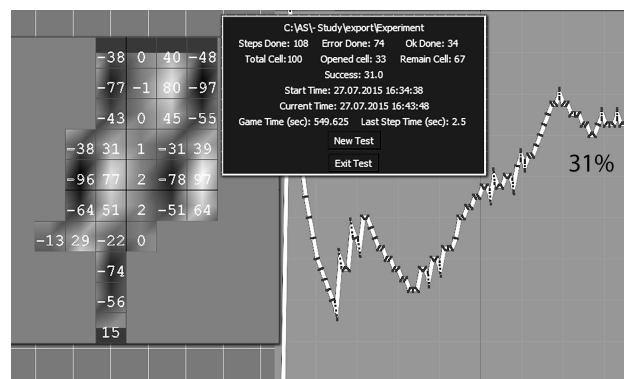


Рис. 4: Эксперимент с цветovým кодированием (уровень интерпретируемости – 31%, информированность – 33%, время теста – 549 сек.)

Для эксперимента их этой серии уровень правильных предположений на начальной стадии оказался сопоставим с показателями тестов из второй группы. Однако, время, необходимое для визуального поиска закономерностей, управляющих распределением, в большинстве случаев, оказывалось меньше на 15-20%. Отсутствие предварительной осведомленности о правилах использованного цветового кодирования замедляло принятия правильных решений лишь на начальном этапе (5-8% общего числа сделанных шагов).

Отдельный интерес при исследовании визуальных моделей данных вызывает изучение временных затрат, необходимых наблюдателю для принятия решения о смысле изучаемого зрительного образа (рис.5). Использование временного ресурса является важнейшим показателем эффективности визуальной модели. Как видно из полученных данных, время для принятия любого решения постепенно сокращается по мере прохождения теста.

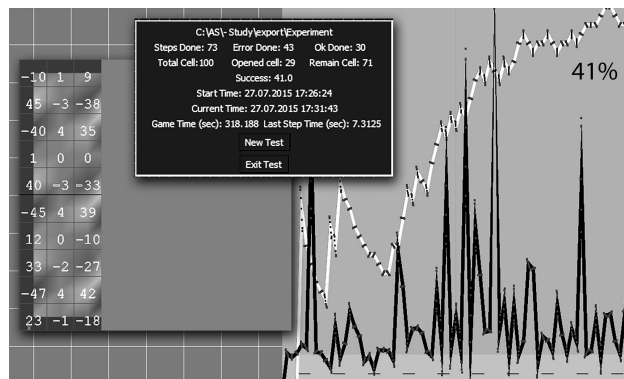


Рис. 5: Изменение времени принятия решения (уровень интерпретируемости – 41%, информированность – 29%, время теста – 318 сек.)

Как видно на рис.5 (темная линия), после некоторых ошибочных предположений возникает пауза, необходимая, видимо, для мысленного уточнения устанавливаемой закономерности. У многих участников эксперимента, длительная пауза перед принятием нового решения появлялась после сделанных «правильных предположений». Можно предположить, что это время затрачивается для выбора необходимого направления в исследовании.

Характеристики визуальных моделей, влияющие на временные интервалы, определяющие достижение наблюдателем необходимой степени «понимания», являются важными параметрами решения задачи визуализации. Понимание объективных ограничений создаваемого вида визуальных моделей, а также разработка способов, изменяющих его когнитивные свойства в необходимых пределах, способны сделать визуальный анализ инструмен-

том, применение которого будет уместным и результативным.

4.4 Описание визуальных моделей

Предлагаемая процедура тестирования позволяет измерять значения некоторых параметров визуальных моделей данных. Эта возможность позволяет говорить о системе унифицированных характеристик таких моделей. Для создания подобной системы необходимо провести обобщающее исследование методов визуального анализа, оценивая их эффективность применительно к типизированным исходным данным, либо к систематизированным целям визуального исследования.

В настоящий момент, авторами предлагается несколько характеристик, значимость которых считается высокой. В дальнейшем, этот набор будет дополнен величинами, являющимися признаками типов моделей и позволяющими разрабатывать их классификацию.

К характеристикам, изучение которых возможно при помощи описанного тестового стенда, относятся следующие:

- Скорость интерпретации - величина, обратная времени, необходимому наблюдателю для понимания смысла образа исследуемых данных с точностью, определяемой условиями задачи визуализации.
- Самодостаточность - готовность модели к интерпретации без предварительного или дополнительного ознакомления наблюдателя с метафорой представления.
- Совместимость - возможность одновременной интерпретации состояний нескольких величин в рамках одной визуальной модели.
- Степень инвариантности - уровень независимости результатов интерпретации от особенностей восприятия произвольного наблюдателя).

Успешность принятия решений при взаимодействии с визуальной моделью может быть обеспечена в том случае, если разработчиком учтены и реализованы способы взаимодействия с восприятием исследователя. Особые трудности возникают при выборе способа визуализации, если модель должна содержать в пространстве своего представления одновременно образы данных разного типа, изменяющиеся или недостоверные. Введение системы параметров, отражающих свойства визуальной модели как когнитивного инструмента, должно создать условия для их правильного применения при решении любых задач, связанных с обработкой и анализом как экспериментальных, так и расчетно-теоретических данных.

Практическими задачами, решение которых может быть упрощено или ускорено при обоснованном применении визуальных моделей, является анализ

и интерпретация точечных измерений, полученных в геологических исследованиях, экспериментальных физических измерениях величин, имеющих пространственное распределение (поля температур, давлений). Кроме того, при сопоставлении реальных данных и результатов интерпретации визуальных моделей появляется возможность выбора или уточнения метафоры представления, соответствующей специфике конкретной задачи. Во многих случаях, значимым фактором, определяющим результативность применения визуальной модели, становятся особенности восприятия, сформировавшиеся как характерная черта группы людей, участвующих в решении специфичной задачи анализа.

4.5 Последовательность восприятия

Проведенные эксперименты позволили получить представление о том, как протекает изучение распределенных в пространстве визуализированных данных у различных участников исследований. Целью этих наблюдений являлось получение первичных данных о динамических характеристиках процесса изучения незнакомого визуального образа. Понимание факторов, оказывающих влияние на этот процесс, должно стать необходимой составляющей разработки новых типов визуальных моделей.

Для значительной части экспериментов характерной особенностью являлось последовательное переключение внимания наблюдателя (рис. 6). Это свидетельствует о привлечении сведений в уже изученных точках к формированию предположений о значениях исследуемой величины в новых точках. Кроме того, последовательность шагов, включая выбор начальной точки, во многом аналогична чтению.

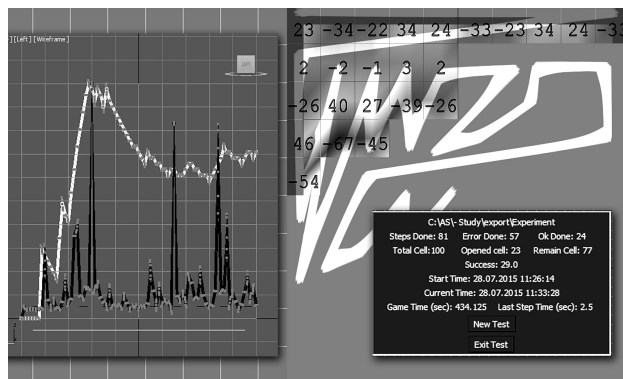


Рис. 6: Последовательность шагов, аналогичная чтению (уровень интерпретируемости – 29%, информированность – 23%, время теста – 434 сек.)

Однако, около трети участников предпочитали последовательность шагов, начинающуюся во внутренней точке тестового поля, а затем расширяю-

щуюся к его краям в направлениях, которые легче и быстрее поддавались анализу (рис. 7). Подобная последовательность, скорее, соответствует изучению именно визуальных образов, в т.ч. переключению внимания на особенности изображений, заинтересовавшие наблюдателя. Следует отметить, что интерпретируемость моделей у исследователей, придерживающихся этой стратегии, была стабильно выше на 5-10%.

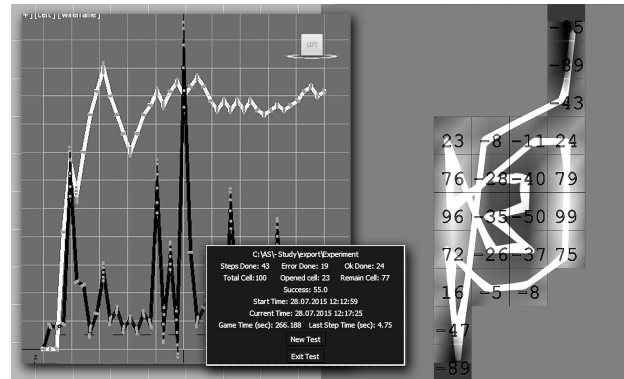


Рис. 7: Образная последовательность восприятия (уровень интерпретируемости – 55%, информированность – 23%, время теста – 266 сек.)

Самостоятельный выбор стратегии изучения модели данных каждым участником эксперимента способен приводить к различным выводам в тех случаях, когда речь идет о визуальном анализе сложных многокомпонентных моделей данных [8]. Это обстоятельство также необходимо учитывать при разработке информативно-насыщенной графики.

5. Формализация визуального анализа

Результатом изучения особенностей визуального анализа метафор представления информации должна стать классификация задач визуализации. Выделение признаков исходной исследовательской задачи, позволяющих быстро переходить к визуальному анализу обеспечит снижение временных затрат и позволит прогнозировать его результативность. Критериями такой классификации могут стать как особенности исходных данных, так и предпочитаемые способы их изучения.

Формализация процесса создания визуальных моделей для данных, имеющих широкое разнообразие по уровню сложности и происхождению, становится условием применимости визуального анализа для расширяющегося круга задач. Эта задача может рассматриваться как общенаучное исследование, т.к. находится на стыке множества наук и направлений, обеспечивая взаимодействие исследователей с большими объемами данных. Переход к использованию визуального языка, лексически единицами которого можно рассматривать зрительные образы, станет возможным только вместе

с достижением значимых результатов в определении принципов их интерпретируемости.

Разработка новых визуальных моделей является ресурсоемким процессом. Его эффективность зависит от правильного определения особенностей исходных данных, а также корректного понимания смысла задачи визуализации и точного представления о восприятии предлагаемого образа наблюдателем. Построение формального описания визуальных моделей данных в общем случае и его применение для перехода к решению конкретной задачи визуализации являются определяющими для обеспечения значимости визуальных методов в научных и прикладных исследованиях.

6. Заключение

Исследование особенностей восприятия человеком зрительной информации находится на ранней стадии исследования. Успешная реализация запланированных экспериментальных исследований в этом направлении позволит перейти к обоснованной разработке новых типов визуализации, использующих для своего функционирования последние достижения в области компьютерной графики. Обоснована необходимость разработки формальной процедуры постановки и решения задач визуализации. Это позволит использовать визуальный анализ для более широкого круга задач. Показана возможность перехода к управляемому использованию методов визуального анализа. Введена система количественных характеристик для визуальных моделей, обосновывающая их применимость. Предложена разработка классификации визуальных моделей, опирающаяся на измеряемые параметры. Объяснена необходимость учета и использования индивидуальных качеств исследователя в качестве параметра задачи визуализации. Значительная роль в эффективном использовании визуального анализа данных, по результатам проводимых исследований, отводится интерактивному взаимодействию с данными, а также применению психофизических методов управления.

Литература

- [1] Bolotova Yu.A., Druki A.A. и Spitsyn V.G License plate recognition with hierarchical temporal memory model [Конференция] // 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST -2014). – Chittagong, October 21-23, 2014.: Chittagong: CUET, 2014. – pp.121-124, 2014.
- [2] Mazza R. Introduction to Information Visualization [Книга]. – London: Springer-Verlag Limited, 2009. – 149p.
- [3] Ware Colin. Information Visualization, Third Edition (3rd Edition) Perception for Design (Interactive Technologies) [Book]. – [s.l.]: Morgan Kaufmann, 2012. – 536p.
- [4] Бондарев В.А., Галактионов А.Е. Анализ развития концепций и методов визуального представления данных в задачах вычислительной физики [Статья] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2009. №53. – 28с.
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2009-53>.
- [5] Захарова А.А., Шкляр А.В. Информативные признаки задач визуализации [Статья] // Научная визуализация. – 2015. – 2: Т. VII. – С.73-80.
- [6] Зиновьев А.А. Основы логической теории научных знаний [Книга]. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – Издание 2-е, испр. и доп. – 264с.
- [7] Никитина М.А. О когнитивном потенциале метафоры в научном тексте [Журнал] // Вестник ИГЛУ. – 2010. – №3.
- [8] Пирс Ч.С. Начала прагматизма. Том 2. Логические основания теории знаков [Книга]. – СПб.: Лаборатория метафизических исследований философского факультета СПбГУ; Алетейя, 2000. – 352с.
- [9] Соломоник Абрам. Философия знаковых систем и язык [Книга]. – Минск: МЕТ, 2002. – 404с.
- [10] Яковив И.Б. Взаимосвязь информации и знаков [Статья] // Information Technology and Security. – Киев: ИССЗИ НТУУ "КПИ 2012. – 1 (1). – С.31-41.

Авторы

Захарова Алена Александровна, Институт кибернетики, Томский политехнический университет, Томск, Россия,
zaa@tpru.ru

Шкляр Алексей Викторович, Институт кибернетики, Томский политехнический университет, Томск, Россия,
shklyarav@mail.ru