

Динамические знаковые структуры в информативных визуальных высказываниях *

А.А. Захарова, А.В. Шкляр

zaa@tpu.ru | shklyarav@mail.ru

Томск, Россия, Институт кибернетики; Томский политехнический университет,

Работа посвящена исследованию вопросов, связанных с оптимизацией визуального представления информации, а также с поиском методов систематизации, необходимых для контролируемой интерпретации визуальных текстов. Актуальность исследуемой проблемы связана с необходимостью рационального и эффективного использования компьютерной визуализации в современных подходах к анализу информации или созданию систем поддержки принятия решений.

Рассмотрено понятие динамического знака в качестве базового элемента, структурирующего визуальную интерпретацию образа данных. Предложено объяснение возникающих когнитивных преимуществ динамической визуализации, позволяющее развить существующие способы визуального анализа научных данных.

Ключевые слова: Визуальная модель, зрительное восприятие, интерпретация.

Введение

При одновременном рассмотрении компьютерной визуализации с позиций как когнитивно-психологического, так и семиотического подходов, возникает необходимость определения свойств и возможностей образов, входящих в визуальную модель данных. В рамках семиотического подхода, интерпретация визуальной модели рассматривается как «прочтение» визуального текста, состоящего из знаков, входящих в соответствующую знаковую систему [1].

Определение визуального знака как элементарной единицы системы является сложной задачей, т.к. визуальное восприятие зависит от большого числа факторов, многие из которых субъективны и не учитываются в используемой языковой конвенции [2]. Следовательно, воспринимаемый зрительно информативный объект может быть включен в знаковую систему и использован для представления некоторых данных на основании комплексной характеристики, учитывающей не только указание на денотат, но и такие параметры, как время интерпретации, информативность, однозначность и т.д. Одним из параметров, определяющих эффективность компьютерной визуализации, следует считать ресурсоемкость [3], зависящую, в том числе, от информативности используемых знаков, т.е. от объема адекватно интерпретируемой информации в течение заданного для этого интервала времени. Предположим, что информативность визуального знака существенно изменяется в том случае, если он отражает не просто состояние системы, а демонстрирует факт изменения наблюдаемого параметра. В этом случае, наличие движения противопоставляется статичной информационной картине, уже осознанной ранее.

Работа опубликована при финансовой поддержке РФФИ, грант 16-07-20482.

Изменения, отраженные в таком динамическом знаке, содержат информацию о состоянии системы и о направлении изменения. Иначе говоря, значимость знака как когнитивного инструмента увеличивается в том случае, если он перестает быть обозначением состояния системы или объекта и формирует или провоцирует осмысление процесса, связываемого автором знака с существованием или функционированием этой системы. Обоснованное использование преимуществ динамических знаков возможно при условии правильного понимания причин, влияющих на их появление. Наибольшее практическое значение имеет контроль за информативностью знаков, а также оптимизация используемых для этого усилий.

Информативность динамических образов

Когнитивной емкостью $V(S)$ или значимостью образа (знака) следует считать объем информации, заложенный в знак его автором. Информативностью знака $V_{in}(S)$ является объем сведений, достоверно осознанной наблюдателем в результате интерпретации. Время интерпретации $T(S)$ – интервал времени, необходимый для получения наблюдателем всей информации, заложенной в знак его автором. Интерпретируемость знака $I(S)$ – отношение когнитивной емкости к времени интерпретации [4].

Интерпретация динамического знака как образа процесса приводит к фиксации нескольких N последовательных состояний одного S_i и того же знака. Допустимо предположение, что вместе с состояниями $\{S_1 \dots S_N\}$, предопределенными автором знака, пользователем фиксируются несколько K дополнительных состояний $\{S_{N+1} \dots S_{N+K}\}$, являющихся результатом собственных мысленных построений. Эти дополнительные состояния способ-

ны как усилить, так и снизить интерпретируемость знака.

На следующем шаге интерпретации, который начинается после фиксирования состояний S_i , происходит сопоставление образу состояния соответствующего мысленного объекта – понятия p_i . Для статичного знака S^{const} или набора таких знаков, не связанных обобщающей информационной основой, результатом интерпретации является соответствующее суммарное понятие $P^{const} = \Sigma p^{const}_i = \Sigma I(S^{const}_i)$. Для динамического знака S^{dyn} формируется новое дополнительное информативное содержание, являющееся результатом интерпретации $N + K$ внутренних состояний, а также переходов между ними.

Относительный вклад в общую когнитивную емкость знака статичной P^{const} и динамической P^{dyn} составляющих зависит как от собственных свойств знака, так и от контекста U его использования. Ошибочное или неуместное определение свойств каждой из составляющих способно свести к минимуму емкость знака.

$$\begin{aligned} V(S) &= V^{const}(S) \times V^{dyn}(S) \times V(U) = \\ &= \Sigma I(S^{const}_i) \times \Sigma I(S^{const}_i - S^{const}_j) \times \\ &\quad \times \Sigma I(V^{const}(S), V^{dyn}(S), U). \end{aligned}$$

Ресурсоемкость образа

Появление динамического вклада в определении смысла визуального образа делает уместной постановку задачи об эффективном использовании временного ресурса в процессе интерпретации визуального знака. В случае, когда интерпретация является однозначным отображением элементов знакового пространства на пространство понятий, время исключено из параметров задачи интерпретации. Использование вероятностного подхода, оправданное в случае, когда сопоставление некоторого возможного значения наблюдаемому знаку происходит в результате перебора значений-кандидатов и выбора оптимального по ряду сформулированных внутренних критериев, делает необходимым регистрацию затрачиваемого времени $T(S)$ в качестве параметра эффективности [5].

Сложность передаваемой образом информации, вероятная для ситуаций, связанных с визуализацией научных данных, позволяет сформулировать обратную задачу. В этом случае, оптимизация использования семиотического подхода при визуализации данных состоит в компрессии или устранении некоторых деталей образа-знака и переносе процесса интерпретации на контекст, в котором происходит передача информационного сообщения.

Подобная минимизация знакового содержания может происходить лишь при включении в рассмотрение понятия когнитивного значения дополнительных составляющих: контекста использования знака U и характеристик пользователя H .

$$T_{min}(S) = T(S_{opt}) =$$

$$T(T_{presentation}(S_{opt}), T_{perception}(S_{opt}), U, H).$$

Интервалы $T_{presentation}(S_{opt})$ и $T_{perception}(S_{opt})$ в большинстве ситуаций являются взаимозависимыми величинами: сложность формы или большой набор состояний S^{const}_i могут сделать знак как емким, так и сложно интерпретируемым. Направлением в решении задачи оптимизации информативного образа может стать поиск правила A_{opt} , нацеленного на одновременную минимизацию когнитивных усилий, совершаемых пользователем, и затрагивающего сразу несколько параметров $T(S)$. Выбор решения задачи оптимизации визуального представления данных, в этом случае, зависит от корректной предварительной оценки ресурсоемкости и заменимости отдельных составляющих $T(S)$.

Оптимизация интерпретируемости

Хорошо известным правилом, используемым при разработке знаков или информативных образов, которое выполняет, по сути, работу одного из возможных правил оптимизации A_{opt} , является принцип соответствия. Согласно этому принципу, компоненты визуального образа должны адекватно отображать значимые аспекты исходной системы или объекта, связываясь с понятиями, близкими или аналогичными исходным данным, и при этом принадлежащими понятийному аппарату пользователя. Согласно рассматриваемой модели оптимизации, использование подобного правила направлено на снижение когнитивных усилий за счет упрощения оценки контекста U , использования готовых мысленных структур пользователя (H) и предполагаемого уменьшения интервала $T_{perception}$.

Действенным приемом, уменьшающим время интерпретации визуальной модели данных, являющейся знаком, характеризующим состояние исследуемой системы, является формирование у наблюдателя направленного ожидания. В этом случае, пользователю уже известны возможные состояния системы, а информативным событием является именно переход от одного состояния к другому. Подобный прием основан на переносе затрат времени $T_{perception}$, связанных с анализом работы систем восприятия, в переменную контекста U , которая предполагает предварительную осведомленность пользователя о функционировании системы. В соответствии с этим, уменьшается роль интервала $T_{perception}$, а влияние особенностей восприятия пользователя при интерпретации события ста-

новится минимальным, т.к. происходит лишь регистрация изменений.

Специальным типом динамического знака можно считать образ, имеющий всего одно состояние, которое при этом является явным указанием на допустимое действие. Для такого знака становится минимальным или вовсе исключается период $T_{presentation}$, а интервал $T_{perception}$ совмещается с временем ознакомления с контекстом. Происходит использование знаний пользователя H в качестве уже существующего мысленного образа информации, исключенной из наблюдаемого образа. Эффективность такого приема зависит от информированности наблюдателя $I(H)$ и рациональности $R_p(S)$ вошедшего в знак указания на потенциально допустимое действие. Разумным требованием является уменьшение времени интерпретации: $T(S, I(H), R_p)/T(S) < 1.0$. Под *рациональностью* указания $R_p(S)$ понимается осмысленное использование автором анализируемого образа всей совокупности факторов, влияющих на правильное и быстрое нахождение зрителем понятия, не вошедшего в знак в качестве предопределенного символа, но необходимого для правильной интерпретации знака (Рис.1).

Еще одним путем оптимизации интерпретации объемных визуальных сообщений может считаться удержание внимания пользователя. Концентрация внимания на содержательной части сообщения, в частности, достигается за счет отсутствия переключения между ознакомлением с используемыми обозначениями и закодированными с их помощью данными. В этом случае, время представления $T_{presentation}$ для отдельных составляющих сообщения объединяется в единый интервал, расположенный в начальной части сообщения.

Когнитивная интерпретация

Мыслительные процессы можно разделить на те, которые могут быть сознательно проконтролированы, и те, которые не предоставляют такой возможности. Обе составляющие способны существенно влиять на результаты обработки информации, поступившей от органов восприятия, и не могут быть полностью исключены, даже если существенно снижают скорость мышления. Задача оптимизации в этом случае может быть сведена к получению сбалансированного распределения промежуточных этапов процесса интерпретации между произвольными и непроизвольными компонентами мышления.

$$V_{total}(S) = V_{in}(S) \cup V_{cogn}(S),$$

где V_{cogn} – условно неконтролируемый объем сведений, полученный исследователем, V_{total} – полная информативность знакового образа.

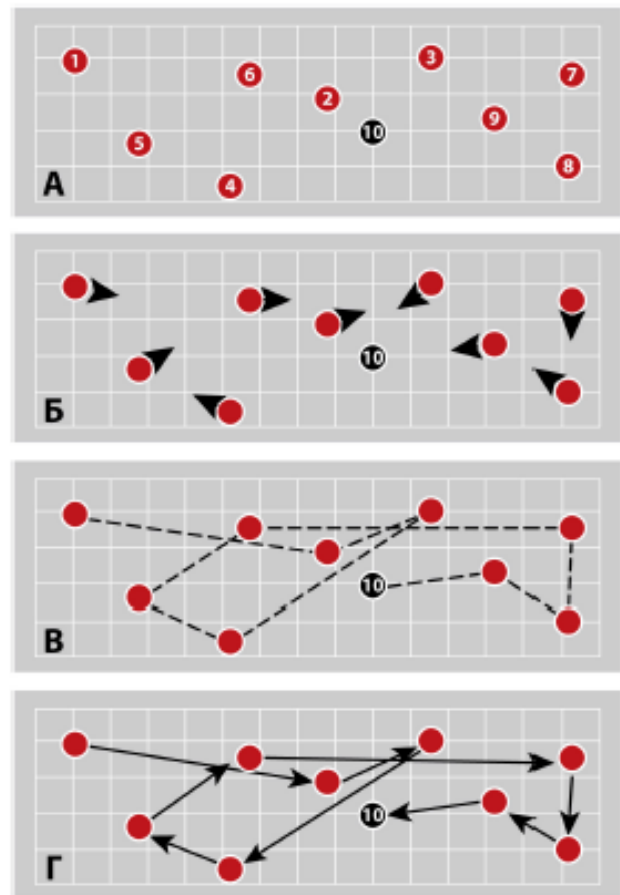


Рис. 1: Визуальное решение задачи прохождения заданного пути. Варианты динамических знаков, обозначающих переход из одного состояния в другое, представлены в порядке уменьшения времени интерпретации

Использование динамической знаковой структуры влияет, в основном, на неконтролируемую часть. Образ действия, воспринятый наблюдателем, взаимодействуя с персональным опытом, способен инициировать анализ последовательности мысленных знаков, не проходящих стадии обработки визуального сигнала в кратковременной и иконической памяти. В результате, полная информативность знакового образа V_{total} можеткратно возрасти, не требуя увеличения времени $T_{presentation}$.

К неконтролируемым аспектам интерпретации следует отнести, например, процессы, которые используют механизм ассоциаций. В этом случае, происходит формирование неконтролируемых множественных связей между визуальной информацией и данными, сохраненными в памяти. Гипотезы, формулируемые на основании ассоциаций и являющиеся решением задачи визуального анализа, имеют двойственную природу и требуют внимательного отношения по причине своей потенциальной недостоверности. Осмысленное привлечение возможностей динамических знаков позво-

ляет, при необходимости, ограничить ассоциативное восприятие, ослабляя проблему недоверности. Для этого необходимо моделировать знаковый образ так, чтобы динамическая часть воспринимаемой информации выполняла функцию сопровождения процесса интерпретации, не участвуя в осмыслении содержательной части $V_{in}(S)$.

Ассоциации $\varphi(S)$, возникающие как неконтролируемое сравнение признаков, зависят от накопленного индивидуального опыта $M(H)$. В значительной степени этот опыт руководит выбором признаков, на основании которых происходит сопоставление и построение связи. Результатом является создание персонального ассоциативного шаблона Φ_{Templ} , становящегося основанием для стереотипных решений.

$$\begin{aligned} V_{cogn}(S) &= I_{cogn}(S, M(H)) = \Sigma\varphi(S, M(H)) = \\ &= k(\varphi) \times (\Phi_{Templ}(S, M) + \Phi^*(S, M)) = \\ &= V_{Templ}^{cogn} + V^*(S, M), \end{aligned}$$

где Φ^* – множество новых ассоциативных значений, $k(\varphi)$ – персональная весовая функция, определяющая значимость отдельных ассоциаций в суммарном значении.

В рамках рассматриваемой модели, внутри объема неконтролируемо интерпретируемой части знаковой структуры выделяется составляющая $V^*(S, M)$, зависящая от множества непредусмотренных авторами знака ассоциативных значений Φ^* и параметра $k(\varphi)$, который во многом определяется особенностями визуального представления исследуемого образа. Данная составляющая является условно контролируемой, т.к. зависит не от исследуемых данных, а от используемых решений задач визуального анализа. Таким образом, динамические знаковые структуры, провоцирующие появление множественных ассоциативных значений, способны существенно увеличить вклад составляющей $V^*(S, M)$ в интерпретацию информативного образа.

Можно предположить, что несбалансированное применение различных выразительных средств способно сделать когнитивный вклад неконтролируемой интерпретации преобладающим. С другой стороны, неуправляемость этого процесса может носить позитивный характер. Это происходит в том случае, когда полученная ассоциация является связью, опирающейся на сходство не самых значимых признаков, но, тем не менее, отличается устойчивым и осмысленным характером. Возникает неожиданная гипотеза, способная привести к совершенно новому решению, которое после этого также станет частью персонального опыта.

Мотивируемость интерпретации

Анализ визуальных данных представляет собой многоэтапный процесс, и улучшение общего результата может быть достигнуто на каждом из промежуточных шагов. В их числе могут рассматриваться этапы постановки задачи, средства представления, система понятий, управляющая мотивация, контроль ассоциаций и т.д. Таким образом, визуальная модель, помимо образа данных, построенного с использованием заданных выразительных средств, должна содержать компоненты, являющиеся инструментом направленного воздействия на наблюдателя, обеспечивая необходимую результативность. Большое значение для достижения любой цели, в том числе, решения задач, связанных с анализом сложных данных, является мотивация исследователя. Более значимым эффектом обладает мотивация, основанная на личной заинтересованности, в отличие от внешних навязываемых стимулов. Это способствует концентрации и удержанию внимания на решаемой задаче в случае возникновения трудностей в ее решении.

Необходимость учета таких процессов, как концентрация внимания, приводит к появлению свойства рассматриваемой модели, объединяющего информационный объем визуального знака и время. Значимость V'_{cogn} образа или знака характеризует отношение пользователя к полученной информации. Каждый из знаков, формирующих информационную картину, анализируемую пользователем, имеет значимость, уменьшающуюся со временем (Рис. 2).

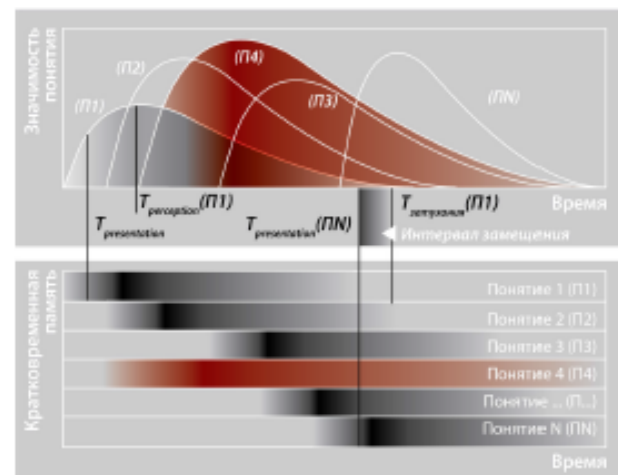


Рис. 2: Значимость образов-понятий, одновременно присутствующих в кратковременной памяти. Изменение влияния отдельных понятий в общей информационной картине с течением времени

Это обусловлено ограниченностью кратковременной памяти и вытесняющим эффектом последую-

щих знаков.

$$\begin{aligned} V'_{cogn} &= f(V_{cogn}(S), t) = \\ &= V'_1(V_{TempI}^{cogn}, t) + V'_2(V^*(S, M), t) \end{aligned}$$

Создание условий для уменьшенного затухания значимости V'_1 отдельного знака позволяет ему участвовать в построении гипотез для различных информационных картин. Продленная во времени значимость неконтролируемых информационных образов V'_2 , позволяет оценить их состоятельность в сравнении с различными гипотезами и, в случае необходимости, запомнить, увеличивая мощность множества стереотипных решений.

К факторам, удерживающим внимание, следует отнести активное акцентирование и ожидание завершения. Оба обстоятельства могут быть реализованы в виде динамической структуры, сопровождающей визуальный образ. В этом случае, наличие динамического интервала времени, противопоставленного статичному восприятию, является причиной концентрации внимания.

Наличие сильной мотивации в решении задачи анализа имеет определенные последствия. Одним из них является возможность переключения между основной задачей и любыми другими вопросами, сохраняющая способность возврата к поиску решения основной проблемы. Это обеспечивает защиту от переутомления, сохранение интереса к главной задаче, а также создает предпосылки для поиска решений вне границ известного, по отношению к поставленным вопросам, пространства гипотез.

Переформулирование

Под влиянием особенностей происходящего процесса анализа в ряде случаев возникает эффект, выражающийся в построении шаблонных решений или направленном поиске стереотипного объяснения изучаемых данных. Эта ситуация может быть желательной в случаях, когда необходим быстрый ответ и нет предпосылок, говорящих о возможности нестандартного решения. Однако, подобная предварительная оценка затруднена для изучения сложных задач, например, оперирующих с разнородными данными или необычными вопросами.

Подключение переформулирования, являющегося приемом инициации решения посредством выявления и постановки вопросов, к активизации мыслительной деятельности может рассматриваться как перспективное визуальное представление информации. Предложение исходной задачи в иной формулировке должно быть обоснованными и учитывающим тонкости понимания новых вопросов, однако, позволяет увидеть новый путь решения. В свою очередь, обнаружение новых направлений в стратегии решения поддерживает интерес к исследуемой проблеме.

Динамические знаковые элементы в этом подходе могут выступать в качестве объекта, активно предлагающего зрителю широкий диапазон подходов к решению или, как минимум, напоминающего о их возможном существовании. Образ незавершенного действия или промежуточного состояния в динамическом знаке становится инициатором нового внутреннего вопроса, включаемого пользователем в процесс анализа. Структура вопроса провоцирует ответ, активно опираясь на личные характеристики исследователя и привычные для него формы общения. В визуальной коммуникации динамические знаковые структуры приобретают функциональное значение выразительных языковых средств. Особое значение имеет необычность, оригинальность возникающих когнитивных запросов, которые кроме сохранения активного интереса, обеспечивают поиск и анализ проблемы с разных точек зрения, делая его всеобъемлющим.

Возможности использования

Оправданное, с точки зрения рассматриваемых закономерностей, привлечение динамических визуальных объектов способно существенно увеличить информационную насыщенность визуальных текстов. Областью применения в этом случае можно считать обучение, использующее быстро изменяющиеся данные.

Одновременное использование визуальной памяти и информативного контекста, может быть эффективным в научной визуализации, анализе медицинских или иных многопараметрических данных. В настоящее время, авторами проводится исследование применимости динамической знаковой системы для медицинских информационных систем, в т.ч. для решения задачи эффективного и когнитивного информационного обмена.

Экспертиза существующих решений в области взаимодействия пользователя и информационных сообщений, в т.ч. в создании информационно насыщенных управляющих интерфейсов, позволит получить новые варианты, использующие возможности динамических знаковых структур. Уменьшение времени интерпретации является актуальной задачей в разработке систем поддержки принятия решений, инфографике, а также в системах активной коммуникации.

Заключение

Использование динамических структурных элементов в визуальных моделях позволяет существенно сократить объем визуального высказывания. Востребованность этого эффекта высока в тех ситуациях, когда визуальный анализ и принятие решения должны происходить в условиях ограниченного времени. Обоснование закономерностей,

регулирующих эффективность динамических знаков, необходимо для создания и использования новых динамических образов. Переход к динамической информативной визуализации позволит изменить качественный и результативный уровень человеко-компьютерного взаимодействия во многих практических задачах.

Литература

- [1] Авербух В. Семиотический подход к формированию теории компьютерной визуализации // Научная визуализация. – 2013. Т.5, №1, с.1–25.
- [2] Соломоник Абрам. Философия знаковых систем и язык. – Минск: МЕТ, 2002. – 404 с.
- [3] Бондарев А.Е., Галактионов В.А. Современные направления развития визуализации данных в вычис-

лительной механике жидкости и газа // Научная визуализация. – 2013. Т.5, №4, с.18–30.

- [4] Захарова А.А., Шкляр А.В. Информативные признаки задач визуализации // Научная визуализация. – 2015. – 2: Т. VII. – С. 73–80.
- [5] Захарова А.А., Шкляр А.В., Ризен Ю.С. Измеряемые характеристики задач визуализации // Научная визуализация. – 2016. Т.8, №1, с.95–107.

Об авторах

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

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