

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322632187>

Семиотика и основания теории компьютерной визуализации

Article · January 2018

CITATIONS

0

READS

242

1 author:



Vladimir Averbukh

Russian Academy of Sciences

75 PUBLICATIONS 134 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Virtual Reality Environments for Specialized Systems of Scientific Visualization [View project](#)

УДК 003.628

СЕМИОТИКА И ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Авербух Владимир Лазаревич

заведующий сектором, к.т.н.

Институт Математики и Механики

им. Н.Н.Красовского УрО РАН. Екатеринбург. Россия

averbukh@imm.uran.ru

Статья посвящена выявлению роли семиотики в формировании теории компьютерной визуализации. В работе рассматриваются проблемы интерпретации визуальных текстов, порождаемых системами визуализации. Рассматриваются понятие компьютерной метафоры и ее роль как в процессе компьютерного моделирования в целом, так и при проектировании и использовании визуальных систем.

Ключевые слова: семиотический анализ; компьютерная визуализация; компьютерная метафора.

SEMIOTICS AND FOUNDATIONS OF THEORY OF COMPUTER VISUALIZATION

Vladimir L. Averbukh,

head of the researcher's section. Ph.D.

Institute of Mathematics and Mechanics, Ural Branch

of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

averbukh@imm.uran.ru

The paper is devoted to revealing of the role of semiotics in the theory of Computer Visualization. Visualization systems may generate visual texts. The problems of interpretation of these visual texts are discussed. Also the concept of Computer Metaphor is considered. Computer Metaphors play a important role as in the process of computer modeling as in design and using of visual systems.

Key words: Semiotic Analysis; Computer Visualization; Computer Metaphor.

Введение

Компьютерная визуализация определяется как методика перевода абстрактных представлений об объектах в геометрические образы, что дает возможность исследователю наблюдать результаты компьютерного моделирования явлений и процессов. Компьютерная визуализация, представляя результаты вычислений, обеспечивает интерпретацию и анализ полученных данных. Традиционно выделяются такие подобласти компьютерной визуализации, как научная визуализация, визуализация программного обеспечения и информационная визуализация. Несмотря на различные области приложения, имеет место глубокое единство всех подразделов визуализации как по методикам построения видов отображения, так и по конечным целям и задачам – обеспечению интерпретации и анализа результатов компьютерного моделирования. Все это позволяет выделить компьютерную визуализацию как самостоятельную дисциплину с собственным предметом исследований, отличным от предмета компьютерной графики, служащей инструментом визуализации. Как самостоятельная дисциплина, компьютерная визуализация ведет свою историю с 1987 г. [1], когда были даны ее первичные определения. Выделение компьютерной визуализации в отдельную дисциплину подводило итоги огромной практики представления в графическом виде сложных объектов компьютерных моделей. В дальнейшем были определены задачи визуализации в цикле компьютерного моделирования – обеспечение анализа и интерпретации результатов вычислений.

Говоря о теории компьютерной визуализации, мы будем рассматривать только лишь аспекты восприятия и интерпретации (т.е. проблемы «человеческого фактора»), не затрагивая другие важные вопросы построения теории, в частности, проблемы математических оснований визуализации и компьютерной графики.

В научной литературе можно выделить несколько взаимодополняющих подходов к выбору основания для теории компьютерной визуализации. В рамках «психологических» подходов проведены исследования, посвященные проблемам восприятия графической информации, отдельных элементов графического вывода (цвет, форма, текстура и пр.), целостных графических выводов (включая анимацию). Ряд интересных и важных работ посвящен рассмотрению когнитивных процессов при работе с системами компьютерной визуализации. Однако главной задачей компьютер-

ной визуализации в рамках цикла моделирования является обеспечение интерпретации результатов. Изучение интерпретации традиционно проводится в рамках семиотики.

Семиотический подход к созданию теории визуализации и человеко-компьютерного взаимодействия начал развиваться еще в 80-ые годы XX в. Положения классической семиотики используются для описания визуального знакового процесса в связи с человеко-компьютерным взаимодействием и визуализацией, что помогает при разработке методов проектирования соответствующих программных систем. Семиотический анализ компьютерных метафор позволяет оценивать известные метафоры и проводить поиск новых для специализированных визуальных систем. Семиотический анализ служит важным инструментом проектирования и разработки.

Данная работа посвящена применению семиотики для изучения таких аспектов теории компьютерной визуализации, как оценка визуализации и компьютерная метафора.

Семиотика в компьютерных науках

Семиотика, дисциплина, имеющая дело со знаковыми системами и практикой их функционирования в виде языков, является инструментом описания для теории человеко-компьютерного взаимодействия и теории визуализации, подобно тому, как математика является инструментом описания для физических теорий.

Среди основных задач семиотики, оформившейся как самостоятельная дисциплина в первой половине XX в., – изучение знаковых систем в природе и обществе. Очевидна генетическая связь семиотики с лингвистикой. С другой стороны, семиотика весьма востребована дисциплинами, относимыми к вычислительным наукам. Языковые проблемы, связанные с человеко-компьютерным взаимодействием и визуализацией, должны изучаться в общем контексте дисциплин, имеющих дело с «искусственными» визуальными языками – т.е. системами письменности, визуальными системами передачи информации, а также с привлечением полезных фактов и понятий из «экзотических» для программистов дисциплин, занимающихся «визуальными» проблемами и редко изучаемых в круге вычислительных наук, например, искусствоведения или геральдики.

В наших предыдущих работах [2-5] приведены обзоры литературы, относящейся к роли семиотики в теории компьютерной

визуализации и теории компьютерной метафоры. В дополнительном списке литературы этой работы мы приведем лишь основные работы, имеющие отношение к данной теме.

В случаях использования визуальных объектов в коммуникационной практике, информационной сфере, искусстве, также как и в компьютерных средах, достаточно легко выделяются отношения между объектом визуального представления, т.е. *означаемым* (*денотатом*) и визуальным *знаком*. При задании некоторого *контекста* пользователь или наблюдатель (*интерпретатор*) выделяет вызванную визуализацией идею или интерпретирующую мысль (*интерпретант*). Налицо составляющие пятичленного отношения, описываемого *семиозисом*. Таким образом, можно говорить о **знаковой природе человеко-компьютерного взаимодействия и визуализации**.

В связи с задачами проектирования и разработки интерактивных визуальных систем представляют интерес вопросы восприятия «визуальных текстов», возможности манипуляции визуальными объектами и взаимодействия с ними. (Здесь в качестве визуальных могут рассматриваться также таблицы, схемы и т.п.). Для изучения интересующих нас проблем необходимо осознать языковую природу человеко-компьютерного взаимодействия и компьютерной визуализации. Язык в данном случае понимается как систематическое описание способов представления рассматриваемых сущностей и методик их изменения, манипуляций и взаимодействия с ними. Семиотический анализ той или иной [интерактивной] визуальной системы (или [интерактивной] системы визуализации) требует выделения языка системы, т.е. его словаря, синтаксиса и семантики, и, главное, этот анализ требует рассмотрения прагматики, т.е. того, как воспринимаются и интерпретируются фразы языка адресатом. Этот анализ позволяет изучать существующие системы и систематизировать проектирование новых визуальных сред.

В этом случае мы имеем дело с визуальными языками, т.е. языками, систематически использующими визуальные значения для передачи понятий. Однако в состав языка также включаются и возможности изменения положения и/или состояния объектов, интерактивные и манипулятивные возможности. Такой интерактивный язык, так же как и любой другой, характеризуется своим словарем, синтаксисом, семантикой и прагматикой. В качестве эле-

ментов словаря в данном случае следует рассматривать возможные виды представления имеющихся сущностей вместе с возможностями манипуляций с ними. Именно на словарь обращается основное внимание при анализе и проектировании визуальных интерактивных систем.

С самого начала развития компьютеринга семиотика оказалась востребованной многими отраслями вычислительных наук, тем более, что именно вычислительные машины позволили создавать искусственные языки и знаковые системы в неограниченном количестве. На первых порах семиотикой интересовались в связи с проблематикой искусственного интеллекта (например, машинное понимание смысла текстов и компьютерный перевод). Кроме этого, вопросы семиотики всплыли вместе с первыми алгоритмическими языками и языками программирования, потребовавшими использования элементов математической лингвистики и теории формальных грамматик, использующих некоторые положения семиотики.

Появление визуального и иконического интерфейса дало новый толчок в приложении семиотики для задач вычислительных наук. Стало ясно, что визуальные языки и, в частности, визуальные языки программирования должны проектироваться и анализироваться по законам семиотики.

Теоретические положения, в частности, элементы компьютерной семиотики, человеко-компьютерного взаимодействия и компьютерной визуализации, теории компьютерной метафоры нужны нам как основа для анализа и оценки существующих систем и предсказания качества проектируемых новых визуальных сред. Языковые семиотические абстракции будут использоваться именно в этом качестве. Для изучения интересующих нас проблем необходимо осознать языковую природу компьютерной визуализации, понять визуализацию как язык со своим словарем, синтаксисом, семантикой и со сложной, неоднозначной и противоречивой прагматикой.

Термин «*визуализация*» подразумевает как методики построения изображений или даже процесс построения конкретного визуального образа, так и название области компьютерных наук, самостоятельной дисциплины. При этом роль визуализации заключается в поддержке анализа и интерпретации результатов вычислений – решающего этапа процесса компьютерного моделирования.

Проблема оценки адекватности визуализации связана с интерпретацией, и для ее понимания, прежде всего, следует объяснить, что же мы понимаем под интерпретацией, т.е. под извлечением смысла из визуальных образов.

Интерпретация визуальных текстов

Ч. Пирс, создавший в конце XIX в. семиотику как новую самостоятельную дисциплину, трактовал интерпретацию как бесконечную цепочку интерпретаций знака в знаке. Таким образом, рассматривается идеальный предел последовательности возможных интерпретантов (воздействий, произведенных знаком на интерпретатора). Ч. Пирс считал, что этот предел можно рассматривать как результат интерпретации, к которому суждено прийти каждому интерпретатору. Вместе с тем, полное принятие важной и плодотворной идеи бесконечного семиозиса по понятным причинам не подходит для наших задач.

В математической логике, как и в математике в целом, существует целый ряд подходов к определению понятия интерпретации, которые также не подходят нам из-за неподходящих формализаций.

В гуманитарных науках, как показывает анализ, интерпретация зачастую понимается как атрибуция объекта исследования. Например, во многих исторических работах интерпретировать предмет, полученный в результате археологических раскопок, значит получить ответы на вопросы «*что это*»; «*кто, когда и зачем это сделал*»; «*как это использовали*»; «*как этот объект попал в данное место*» и пр. Аналогично, в искусствоведении, где по произведению искусства при его интерпретации задаются вопросы «*кто автор*», «*каков период создания*», «*кто или что изображено*» и пр. Нам ближе всего обыденное понимание интерпретации с вопросом «*каков смысл этого*». Причем возникновение вопроса «*как это истолковать*» показывает ошибку конкретной визуализации. Пользователь в любом случае должен непосредственно **видеть** результаты моделирования.

Очень интересно определение изобразительного текста, данное известным историком Д.С. Раевским, специалистом в области интерпретации наскальных изображений и других древних памятников искусства.

Под изобразительным текстом понимается любое произведение визуального искусства, пользующееся фигуративными знака-

ми, определенным образом пространственно организованными, и обладающее некоторой семантикой. Интерпретация таких текстов возможна при наличии внешней по отношению к самому тексту информации.

Конечно, наш объект исследования не связан с архитектурой, кинематографом или памятниками истории. Тем не менее, мы имеем дело с принципиально схожими семиотическими объектами – языками визуализации, присущими визуальным [интерактивным] системам.

Наша задача – на базе полученного ранее понимания языка визуализации выделить соответствующие визуальные тексты и получить какую-то основу для анализа их качества.

Если язык визуализации разворачивается как набор видов отображения, то текст на этом языке представляется собой смену конкретных графических выводов (*graphical display*). Порядок смены выводов и правила размещения визуальных и диалоговых объектов в рамках одиночного вывода могут рассматриваться в качестве синтаксических правил языка. Семантика визуального «текста» самым тесным образом связана с прикладной областью, которую обслуживает данная визуальная система. Интерпретация конкретного графического вывода пользователем зависит от его знаний данной прикладной области.

В рассматриваемом случае имеет место одна особенность, которой нет ни в привычных литературных текстах, ни в изобразительных текстах, о которых мы говорили выше. Это *интерактивность визуального «текста», его зависимость от действий пользователя*.

Вообще интерактивный «текст» (а тем более текст, имеющий собственную активность) является принципиально новым и достаточно странным объектом исследования для семиотики. Какие-то аналоги этой зависимости текста от читателя можно найти в сказках и фантастических романах. Существуют также интерактивные кино и телевидение, но эти не слишком удачные попытки создания «активных» произведений искусства, как правило, построены на применении компьютерных технологий, не отличающихся от стандартных средств человеко-компьютерного интерфейса. Можно лишь помечтать о том, чтобы реальная интерактивность появилась в полной мере в литературе, кинематографе и даже в изобразительном искусстве.

Интерактивность поддерживает несколько функций, необходимых в системах компьютерного моделирования. Среди них – задание параметров моделирования, управление ходом процесса вычислений, задание параметров визуализации и пр. Стоит отметить, что интерактивные возможности помогают в обеспечении интерпретации, так же как и то, что интерпретация данных, как следствие, имеет новый цикл взаимодействия с вычислительной моделью.

Однако, в целом, языки визуализации являются языками «чтения». Значимые элементы их текстов служат для восприятия пользователем с целью дальнейшей интерпретации им визуальных фраз.

Метафора и компьютерное моделирование

Сделаем предположение о знаковой природе компьютерного моделирования. Можно утверждать, что процесс компьютерного моделирования есть процесс создания знаковых систем. Действительно, в той или иной модели можно легко вычленив в качестве набора означаемых объекты моделируемого явления или процесса, а в качестве знаков рассматривать объекты модели. Правда, для целей самого моделирования это рассмотрение не нужно, однако нам оно позволяет делать дальнейшие построения. Далее можно говорить об иерархии моделей, используя это понятие несколько не в том смысле, как это принято в работах по компьютерному моделированию, а в смысле иерархии по уровням моделирования, т.е. физическому, математическому, алгоритмическому и программному уровням.

На каждом уровне иерархии естественным образом повышается уровень абстракции моделирования.

Компьютерную метафору (и, в частности, метафору визуализации) можно рассматривать как научную модель. Визуализация при моделировании обеспечивает интерпретацию и анализ полученных данных, а также поддержку работы на всех этапах цикла компьютерного моделирования. При этом метафора визуализации, а точнее, порожденная ей визуализация, является последней в иерархии моделей знаковой системой. После целой серии абстракций, которые присущи процессу моделирования, необходимо обеспечить конкретику, присущую визуальным (т.е. реально воспринимаемым при помощи зрения) образам. В общем случае визуализация должна уменьшать, а не увеличивать общий уровень абстрактности всей иерархии моделей.

Наиболее удачный и всем известный пример (докомпьютерной) универсальной методики визуализации – рисование двумерного графика функции в декартовых координатах. Если разобраться, то в основе самого понятия функции одной переменной лежит целая серия очень абстрактных идей, которые могут быть описаны как иерархия физических и математических моделей. Еще более абстрактными являются идеи декартовой плоскости и представления на ней значений аргумента и функции, по сути являющиеся методами геометрического моделирования явлений. Однако рисование графика функции, позволяющего ясно показать все ее особенности, делает результирующее (визуальное) моделирование намного более конкретным и доступным для более четкой интерпретации результатов всей серии моделирования. Отметим, что в основе этого рисования лежит полноценная, хотя и почти незаметная для привыкших к ней с детства людей, метафора визуализации.

Имеет место идея *«разабстрагирования»* посредством визуализации. В терминах семиотики можно говорить о «разозначивании», т.е. о снятии при визуализации нескольких уровней означивания, полученных за счет серии знаковых систем, присущей данной иерархии моделей. Особенно четко видно это «разозначивание» при непосредственной визуализации исходного объекта моделирования. Визуализация должна поддерживать непосредственную связь между картинкой, которая в данном случае является иконическим знаком (в смысле Ч. Пирса), и обозначаемыми объектами. Цель визуализации – в снятии хотя бы одного слоя абстракции для нужд лучшей (более адекватной) интерпретации результатов моделирования, а не в появлении дополнительных слоев. Существуют также удачные примеры использования визуализации для поддержки самого процесса моделирования без увеличения или уменьшения при этом уровня абстрактности.

Предлагается рассмотреть сложность интерпретации как количество элементарных понятий-сущностей в модели визуализации. Визуализация адекватна, когда нет проблемы интерпретации, т.е. сущности (визуальному объекту) однозначно соответствует понятие (идеальный объект), и есть сходимость. (Например, для получения качественно нового знания в модель визуализации вводятся новых сущностей меньше, чем было).

Можно ввести оценку качества метафоры системы визуализации за счет учета уровня абстрактности, задаваемую по числу сло-

ев (уровней иерархии), отделяющих рассматриваемую модель от первой моделируемой сущности. Тогда для оценки качества метафоры визуализации нужно оценивать, на сколько слоев визуализация понизила абстрактность модели. (Отметим, что график функции понижает уровень абстрактности сразу на несколько слоев). Таким образом, можно получить оценку качества метафоры через ее возможность понижать уровень абстрактности модели. Однако так можно оценивать только лишь метафоры, а не сами системы визуализации, так как в конкретных системах есть много привходящих деталей, связанных с реализацией. Удачи и неудачи систем визуализации могут быть объяснены с помощью именно этих оценок.

Компьютерные метафоры

Компьютер при своем возникновении вызвал целую волну споров, фантастических представлений и страхов. Действительно, до этого времени человечеству не удавалось «общаться» с чем-то, умевшим выполнять «интеллектуальную» работу, с каким-то подобием мыслящего существа. Кроме того, «общение» с компьютером было затруднено сложными машинными языками и массой разнообразных технических сложностей. Поначалу круг пользователей ЭВМ был крайне ограничен, а какое-то время вообще замыкался на специалистах в области программирования численных методов, отчего, кстати, всех программистов называли математиками. В дальнейшем, с расширением и сферы применения, и круга пользователей, при развитии средств ввода и вывода информации возникло качественно новое отношение к новой технике, появилось понимание того, что при взаимодействии с компьютером создается некий новый мир.

Создатель первой «настоящей» системы машинной графики Ай. Сазерленд (Ivan Sutherland) назвал экран монитора окном в этот мир, мир созданной компьютером [виртуальной] «реальности». При развитии компьютеризации появилась необходимость в том, что помогает осознать принципиально новые явления, осмыслить происходящее, «очеловечить» компьютерный мир. Понадобился поиск понятий, помогающих каким-то образом уяснить и структурировать неизвестную деятельность. Как мы знаем, это и есть метафоры, представление новых или достаточно необычных для пользователя явлений посредством других, более понятных, явлений. Причем новизна и необычность мира компьютерной «реальности» заставляют

подбирать метафоры не только (и не столько) из предшествующего опыта, но и из воображаемых, фантастических миров.

Естественной представляется классификация компьютерных метафор по области их применения, т.е. подразделение на метафоры интерфейса, научной визуализации, визуализации программного обеспечения и информационной визуализации. В рамках этой же классификации следует рассматривать объяснительные метафоры, применяемые при обучении, метафоры агентов программирования и метафоры разработки программного обеспечения (системные метафоры). Одновременно следует использовать классическое разделение метафор на пространственные, временные и онтологические. Данное подразделение важно при анализе метафор интерфейса и особенно метафор, используемых при проектировании и разработке сред виртуальной реальности.

Сильно разнится понимание того, что такое метафора, у авторов различных систем. Метафора – естественный продукт развития современных компьютерных технологий, используемый для описания деятельности пользователя на различных этапах взаимодействия с компьютером. От целей и задач пользователя зависят область поиска сравнений и сближений, сам характер используемых метафор. Этим определяются разнообразие в понимании того, чем является компьютерная метафора, различные подходы к ее описанию. Существуют различные уровни погружения в созданный компьютером мир, так же как и различные уровни осознания факта погружения. Взаимодействие с компьютером имеет разные цели и задачи. Если целью является поддержка сложной компьютерной модели, то метафора должна обеспечить взаимодействие с программой, реализующей эту модель. Другие проблемы возникают в случае поддержки взаимодействия с интерактивной системой для изменения способа отображения данных и их ввода.

Очевидно, что разнотой в понимании вызван и различием в задачах, поставленных перед разработчиками, и степенью погружения в компьютерный мир.

В общем случае следует рассматривать метафоры визуализации программного обеспечения, которые основаны как на визуальных формализмах, так и на бытовых сближениях и естественной образности. Кроме того, в литературе встречается понимание метафоры как использования антропоморфных объектов (как правило, программных агентов) или оживления/одушевления привыч-

ных программных сущностей в рамках тех или иных программных систем (например, активного объекта *debugger*, служащего для отладки других объектов). Иерархия компьютерных метафор включает в себя **глобальные метафоры проектирования, основные метафоры визуализации и интерфейса и локальные метафоры**. В этом же ряду можно рассматривать **локальные метафоры агентов и метафоры отдельных операций и инструментов (метафоры виджетов)**.

Глобальная метафора передает основную идею проектирования приложения, что предполагает, например, рассмотрение окружающего мира как сверхофиса (или «*весь мир – контора, а люди – клерки в ней*»). К примерам **основных метафор визуализации и интерфейса** следует отнести порожденную идеей мира – офиса метафору рабочего стола, метафоры ландшафта или города. Основные метафоры визуализации и интерфейса используются для определения деятельности пользователя программной системы и его восприятия объектов и операций над ними. **Локальная метафора** описывает специализацию данного приложения, как, например, метафора картотеки документов в рамках метафоры рабочего стола в некоторых системах офисной автоматизации. Примером **метафоры для виджетов или отдельных операций** может служить метафора ножниц в рамках метафоры рабочего стола. «Скрепка», которая одно время использовалась в Word'e, – характерный пример метафоры агента. **Метафоры разработки программного обеспечения** могут быть как основными, так и локальными.

Отметим, что возникновение глобальных метафор не случайно. Эти идеи зависят от уровня развития техники, науки, от глобальных событий и изменений в жизни обществ и государств. Рассматривая только те глобальные метафоры, которые имеют визуальное воплощение (и «докомпьютерное», и, конечно, компьютерное), можно выделить идеи, положенные в основу картографии, инженерной графики и рисования графиков функций на декартовой плоскости.

В настоящее время метафора карты в различных вариациях весьма популярна в информационной визуализации и визуализации программного обеспечения.

Инженерная графика в виде САД – систем является составной частью компьютерного инструментария современного инженера.

По нашему мнению, самая мощная визуализационная идея Нового Времени – это идея рисования графика в декартовых ко-

ординатах, о которой мы уже упоминали выше. По сути, графики функций являются одним из оснований современного научного мышления. Заметим, что далеко не все умеют читать топографическую карту и ориентироваться на местности. Также совсем не элементарно читать чертежи мало-мальски сложной детали. Однако интерпретация графиков доступна, практически, любому школьнику. А ведь идея функции по уровню абстракции намного выше, чем идея карты или трех проекций чертежа.

На идее проекции данных на плоскость или на трехмерное пространство построена вся научная визуализация, да и значительная часть информационной визуализации вместе с визуализацией программного обеспечения.

Последняя по времени глобальная метафора положена в основу визуализации интерфейса как офисного стола с папками. Эта идея связана, по нашему мнению, с глобальным изменением общества конца двадцатого столетия. По целому ряду экономических и социальных причин в понимании людей окружающий их мир в большей мере выглядит не мастерской, где трудится рабочий, а офисом, где обретается клерк или менеджер. Без этого изменения в осознании окружающего мира метафора рабочего стола не имела бы своего сокрушительного успеха.

Метафора рабочего стола отражает глобальные идеи современного («постиндустриального») общества. Поэтому представляется ошибочным мнение ряда исследователей о ее переоцененности, о неадекватности данной метафоры задачам конкретных специалистов, например, программистов.

Мы не знаем, скоро ли появится какая-либо новая глобальная идея представления мира. Их возникновение связано с непредсказуемыми результатами развития общества, науки и техники. На данном этапе полезнее заняться исследованием и поиском основных метафор интерфейса и визуализации.

Еще одна особенность компьютерных метафор состоит в том, что их использование не предполагает точного соответствия реальности, а, напротив, требует дополнительных, не существующих в действительности («волшебных») возможностей. Таким образом, создается новый мир с объектами, понятиями и операциями, не имеющими полного совпадения с реальным, привычным всем миром. Логика «нового» мира с одной стороны отражает идеи пользователей об интерфейсе, и объектах моделируемой области, а с

другой – должна совпадать (или быть близкой) с логикой развития процессов и изменений объектов в исходной области, включая внутреннюю логику деятельности пользователя. Зачастую использование «полных» и «точных» метафор, без порождения «волшебных» свойств и объектов является ненужным и даже вредным.

Вместо заключения. Визуализация и интерпретация

Отметим, что под термином «визуализация» подразумеваются и методики построения изображений, и процесс построения конкретного визуального образа, и название области компьютерных наук. Мы рассматривали визуализацию как один из этапов цикла компьютерного моделирования (цикла Самарского), состоящего в общем случае из сбора и накопления первичных данных; разработки физической и математической моделей; алгоритмизации; программирования; вычисления по программе; визуализации интерпретации и анализа результатов. На разных этапах моделирования компьютерная обработка осуществляется на различных уровнях. Интерпретация является целью и основным результатом компьютерного моделирования в целом и каждого его этапа, в частности. Полностью разделить этапы моделирования весьма сложно. Еще сложнее отделить визуализацию и, тем более, интерпретацию одного уровня от другого. Правильнее считать компьютерное моделирование и его составляющие – визуализацию и интерпретацию непрерывным процессом, в ходе которого один этап переходит в другой. Также плавно от уровня к уровню могут изменяться и методики визуализации.

Литература:

1. Visualization in Scientific Computing, Special Issue, ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1987 V. 21, N 6.
2. *Авербух В.Л.* Метафоры визуализации // Программирование. 2001. № 5. С. 3-17. (Averbukh V.L. Visualization Metaphors // Programming. 2001. № 5. P. 3-17).
3. *Авербух В.Л.* К теории компьютерной визуализации // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10, N 4. С. 21-51. (Averbukh V.L. To the theory of computer visualization // Computer-based technologies. 2005. V. 10, N 4. P. 21-51).
4. *Averbukh V.L., Bakhterev M.O., Baydalin A.Yu., Gorbachevskiy D. Yu., Ismagilov D.R., Kazantsev A.Yu., Nebogatikova P.V., Popova A.V., Vasev P.A.* Searching and Analysis of Interface and Visualization Metaphors // Human-Computer Interaction, New Developments. / Edited by Kikuo Asai. Vienna.: In-teh, 2008. Chapter 3. Pp. 49-84.

5. *Авербух В.Л.* Семиотический подход к формированию теории компьютерной визуализации // Научная визуализация. 2013. Квартал 1, Т. 5, Номер: 1. С. 1-25. (Averbukh V.L. Semiotic approach to computer visualization theory forming // Scientific visualization. 2013-1. V. 5. № 1. P. 1-25).

Приложение (Supplement)

Литература по семиотике, теории метафоры и визуальным языкам

Semiotic, metaphor theory and visual languages

1. *Боумен У.* Графическое представление информации. (Предисловие к русскому переводу – В.Ф. Венда). М.: Мир. 1971. 228 с. (Bowman W. Graphic information conception. (Introduction to the Russian translation – V.F. Venda). М.: Mir. 1978. 228 p.)
2. *Вежбицкая А.* Семантические универсалии и «примитивное мышление» // Вежбицкая А. Язык. Культура. Познание. Сб. работ. М.: «Русские словари», 1996. С. 291-325. (Vezhbitskaya A. Semantic universal things and «primitive thinking» // Vezhbitskaya A. Language. Culture. Cognition. Collected works. М.: «Russian dictionaries», 1996. P. 291-325).
3. *Лотман Ю.М.* Структура художественного текста. М.: Искусство. 1970. 384 с. (Lotman Yu.M. The structure of fiction. М.: Iskusstvo. 1970. 384 p.)
4. *Лотман Ю., Цивьян Ю.* Диалог с экраном. Таллинн: Александра. 1994, 216 с. (Lotman Yu. Tsiv`yan Yu. Dialogue with screen. Tallinn: Aleksandra. 1994, 216 p.)
5. *Моррис Ч.* Основание теории знаков // Семиотика: Антология. М.: Академический проект. Екатеринбург: Деловая книга, 2001. С. 45-97. (Morris Ch. Theory of sign basis. // Semiotics: Anthology. М.: Akademicheskij proekt. Ekaterinburg: Delovaya kniga, 2001. P. 45-97).
6. *Пирс Ч.С.* Логические основания теории знаков. С-Пб.: Алетея, 2000. 319 с. (Peirce Ch.S. Logical basis of theory of signs. SPb.: Aletejya, 2000. 319 p.)
7. *Раевский Д.С.* К методике интерпретации изобразительных текстов // Невербальное поле культуры. Материалы научной конференции «Невербальные коммуникации в культуре». Москва, 6-8 июня 1995 г. М.: РГГУ, 1995. С. 144-145. (Rayevskiy D.S. To the methodics of graphic texts interpretation // Non-verbal field of culture. Materials of scientific conference «Non-verbal communications in culture». Moscow, June 6-8, 1995. М.: RGGU, 1995. P. 144-145).
8. Семиотика. Антология / Составление и общая редакция Ю.С. Степанова. М. Академический проект, Екатеринбург. Деловая книга. 2001. 702 с. (Semiotics. Anthology / Edited by Stepanov Yu.S. М.: Akademicheskij proekt. Ekaterinburg: Delovaya kniga, 2001. 702 p.)
9. *Соломоник А.Б.* Философия знаковых систем и язык. 2-е изд. Минск: МЕТ, 2002. 408 с. (Solomonik A.B. Philosophy of sign system and language. The second edition. Minsk: MET, 2002. 408 p.)

10. Соломоник А.Б. Позитивная семиотика. Минск: МЕТ, 2004. 192 с. (Solomonik A.B. Positive semiotics. Minsk: МЕТ, 2004. 192 p.).
11. Соломоник А.Б. Парадигма семиотики. Минск: МЕТ, 2006. 333 с. (Solomonik A.B. Semiotics paradigm. Minsk: МЕТ, 2006. 333 p.).
12. Соломоник А.Б. Очерк общей семиотики. Минск: МЕТ, 2009. 191 с. (Solomonik A.B. General semiotics studies. Minsk: МЕТ, 2009. 191 p.).
13. Теория метафоры: Сборник: Пер. с англ., фр., нем., исп., польск. яз. / Вступ. ст. и сост. Н. Д. Арутюновой; Общ. ред. Н. Д. Арутюновой и М. А. Журиной. М.: Прогресс, 1990. 512 с. (The theory of metaphor: Collected works: Translation from Eng., Fr., Germ., Span., Pol. lang. / Edited by Arutyunova N.D., Zhurinskaya M.A. M.: Progress, 1990. 512 s.).
14. Уэлз Р. Мера субъективной информации // Новое в лингвистике. М.: Прогресс, 1965. Вып. IV. С. 167-179. (Wells R. Degree of subjective information // *Novoye v lingvistike*. M.: Progress, 1965. Part 4. P. 167-179).
15. Черри К. О логике связи (синтактика, семантика, прагматика) // Инженерная психология. М.: Прогресс. 1964. С. 226-266. (Cherry K. About logics of connection (syntactics, semantics, pragmatics) // *Engineering psychology*. M.: Progress. 1964. P. 226-266).
16. Чертов Л.Ф. Знаковость. Опыт теоретического синтеза идей о знаковом способе информационной связи. С-Пб.: Издательство СПбУ. 1993. 388 с. (Chertov L.F. Symbolism. Experience of theoretical synthesis of ideas about sign way of information communication. SPb.: SPbU. 1993. 388 p.).
17. Шкловский В.Б. Семантика кино // За 60 лет работы в кино. М.: Искусство. 1985. С. 30-32. (Shklovsky V.B. Semantics of cinema // *For 60 years cinema working at*. M.: Iskusstvo. 1985. P. 30-32).
18. Шкловский В.Б. О киноязыке // За 60 лет работы в кино. М.: Искусство. 1985. С. 33-35. (Shklovsky V.B. About cinema language // *For 60 years cinema working at*. M.: Iskusstvo. 1985. P. 33-35).
19. Andersen P.B. What semiotics can and cannot do for HCI. // *Knowledge-Based Systems*. 2001. V. 14, N. 8, Pp.419-424.
20. Gentner, D., Bowdle, B. Metaphor as structure-mapping // *The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought* / R. Gibbs (Ed.). New York, NY: Cambridge University Press. 2008. Pp. 109-128.
21. Kaptelin V., Czerwinski M. The Desktop Metaphor and New Uses of Technology // *Beyond the Desktop Metaphor: Designing Integrated Digital Work Environments*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. 2007. Pp. 1-12.
22. Kummel P. Formalization of Natural languages. Springer-Verlag. Berlin. 1979. x + 223 p.
23. de Souza C.S. The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. 2005 312 p.