Исследование психологических состояний пользователей сред виртуальной реальности

В.Л. Авербух[1], Н.В. Авербух[2]
averbukh@imm.uran.ru|natalya_averbukh@mail.ru
[1]ИММ УрО РАН, УрФУ, Екатеринбург, Российская Федерация;
[2]АНО ИНЭКС, Екатеринбург, Российская Федерация

Работа посвящена исследованию состояний, возникающих у пользователей систем визуализации на базе сред виртуальной реальности. Описываются феномены, связанные с виртуальной реальностью и ситуации, связанные переживанием феномена присутствия. Рассказывается о проектировании и проведении экспериментов, связанных с изучением состояния присутствия у пользователей, решающих интеллектуальные задачи.

Ключевые слова: *научная визуализация, виртуальная реальность, погружение, присутствие.*

Evaluation of user's psychological states in virtual-reality environments

V.L. Averbukh[1], N.V. Averbukh[2]
averbukh@imm.uran.ru|natalya_averbukh@mail.ru
[1]IMM UrB RAS, Ekaterinburg, Russia;
[2]ANO IIEX, Ekaterinburg, Russia

The paper is devoted to evaluation of user's psychological states during interaction with virtual reality environments. The phenomena connected with virtual reality are described. Also the situations connected with presence state are considered. Experiments in the presence state and process of their design are described.

Keywords: *scientific visualization, virtual reality, immersion, presence.*

1. Введение

Изучение деятельности специалиста в процессе анализа и интерпретации данных при помощи визуализации – важная задача, позволяющая повысить эффективность всего компьютерного моделирования. Визуализация в рамках цикла компьютерного моделирования обеспечивает этапы анализа и интерпретации данных, проводимые пользователями систем визуализации. Как правило, пользователи систем научной визуализации являются также разработчиками компьютерных моделей и обладают большим объемом знаний по изучаемой проблематике. Визуализация для них – не набор занимательных картинок, а некоторый визуальный текст, несущий значимую информацию. “Чтение” такого текста можно рассматривать как последовательность восприятия визуальных объектов и уяснения их значения. Поэтому разработка специализированных систем научной визуализации требует учета, так называемого, человеческого фактора (human factor), что включает в себя исследование особенностей восприятия визуальной информации конкретными пользователями. Этому вопросу посвящено большое количество исследований, проведенных, прежде всего, специалистами в области компьютерной психологии.

Успех визуализации обеспечивается наличием связи между внутренней природой и структурой модельных объектов (и соответствующих им данных) и внутренними ментальными структурами пользователя, в которых представлена сложившаяся у него картина явления (так называемые “репрезентативные когнитивные структуры”). Проблема уяснения смысла визуализации может быть рассмотрена в связи с изучением инсайта. Особенно важными эти проблемы стали в связи с использованием сред виртуальной реальности, которые позволяют получить качественно новые возможности по представлению, восприятию и анализу сложных объектов суперкомпьютерного моделирования.

Ниже в работе рассматриваются некоторые вопросы, связанные с изучением состояний пользователей систем визуализации на базе сред виртуальной реальности.

2. Развитие компьютерной визуализации

Визуализация, понимаемая как зримое представление моделей, существовала задолго до изобретения современных компьютеров. Появление в 50-ых годах XX века интерактивной компьютерной графики дало качественный скачок в визуализации как таковой. «Черно-белая» графика на базе векторных дисплеев была основой первого этапа в развитии алгоритмических и программных средств визуализации. Аппаратные возможности дисплеев позволяли вывод ограниченного количества фигур и кривых. На векторных дисплеях некоторых типов можно было реализовать простые анимационные изображения. Средства графического ввода давали достаточно богатые возможности взаимодействия с моделирующими программами.

Внедрение цветной растровой графики, резкое увеличение возможностей дисплеев, дало толчок к созданию методов и алгоритмов фотореализма, что, в свою очередь, обеспечило качественные изменения визуализации за счет увеличения количества и качества воспринимаемой визуальной информации. На экране стало отображаться резко большее количество объектов. Появились различные способы отображения модельных сущностей в рамках одного графического вывода, например, форма, цвет, текстура, движение. Визуальные объекты стало легче воспринимать и различать. К концу 80-ых годов компьютерная визуализация оформилась как самостоятельная дисциплина. В системах научной визуализации начали активно использоваться трехмерная графика, анимация, а затем и фотореализм. Опыт разработки и использования средств научной визуализации показывают, что развитие аппаратных и алгоритмических средств интерактивной графики обеспечило последовательное увеличение количества и качества

воспринимаемой визуальной информации. Интересно, что современное развитие аппаратных и алгоритмических средств компьютерной графики, в значительной мере связанное с потребностями компьютерных игр, привело к тому, что богатые возможности компьютерной графики, по сути, значительно превышают потребности большинства современных систем компьютерной визуализации.

К началу 90-ых годов в системах научной визуализации начали использовать «большие экраны» и среды виртуальной реальности, первоначально разработанные для авиатренажеров. В случае виртуальной реальности компьютером при помощи специальных устройств создается особенная среда, воспринимаемая пользователем как реальный мир, в котором он действительно находится (а не наблюдает со стороны) и с которым взаимодействует напрямую, так же, как и с обычным миром [4]. Уже в 1992 году в журнале Communications of the ACM появилась публикация, подробно описывающая возможности сред виртуальной реальности типа CAVE [3]. Начиная с 1991 года, исследователи NASA описывали проект разработки «виртуальной аэродинамической трубы» [2]. (Соответствующая система была закончена в 1994 году.) В настоящее время средства виртуальной реальности стали широкодоступными. Системы типа CAVE используются во многих научных и проектных организациях за рубежом и в нашей стране.

3. Феномены, связанные с виртуальной реальностью

Общая задача наших исследований – получить набор рекомендаций для проектирования специализированных систем визуализации, использующих виртуальную реальность.

Среды виртуальной реальности имеют такие характеристики, как трехмерность и стереоскопичность; динамичность; мультисенсорность (подача информации на несколько органов чувств); контроль над видимой частью виртуальной среды; возможность обеспечить взгляд изнутри (пространства) [1]. Пользователь имеет возможность погружения (immersion) в виртуальный мир, в связи с чем возникает феномен присутствия (presence), связанного с ощущением нахождения “там”, в виртуальном мире, в противоположность наблюдению за картинкой на экране со стороны, характерного для традиционной компьютерной графики. При описании феномена присутствия можно говорить о субъективном восприятии, в котором человек “забывает” о роли техники в создании той среды, с которой он взаимодействует. По мнению специалистов, именно феномен присутствия обеспечивает большие возможности при визуальном анализе научных данных в средах виртуальной реальности. В тоже время наша практика проектирования специализированных систем научной визуализации и работы с их пользователями, также как и личный опыт, связанный с переживанием присутствия в экспериментальных средах виртуальной реальности, вызывала определенные опасения. По некоторым параметрам присутствие приближается к изменённым состояниям сознания (хотя и не является таковым) [9]. Научные вычисления предполагают анализ большого объема данных, полученных в результате работы компьютерной программы. Анализ научных данных, характерный для научной визуализации, включает ряд операций, в том числе, идентификацию, сравнение, ранжирование, локализацию, классификацию, фильтрацию, установление ассоциаций и корреляций, кластеризацию [1]. Появился целый ряд вопросов, связанных с влиянием состояния присутствия на выполнение деятельности пользователем. Не отвлечет ли новое состояние от задачи? Было важно и интересно узнать достижимо ли присутствие, как таковое, при работе с абстрактными образами? Сможет ли пользователь взаимодействовать со средой, если у него не будет субъективного ощущения пребывания в ней? Далее возник вопрос о взаимовлиянии феномена присутствия и интеллектуальной деятельности по обработке представленной информации. Могут ли они протекать одновременно, будет ли одно усиливать другое или мешать, препятствуя решению задач? Важно также отделить воздействие психологических эффектов от воздействия чисто технических средств. По сути, было необходимо выяснить, сможет ли пользователь (например, специалист в области прикладной математики), погруженный в среду виртуальной реальности точно и адекватно анализировать сложные данные, представленные в виде абстрактных образов. Также было важно узнать не вызовет ли присутствие каких-либо неприятных ощущений в ходе сложного анализа. Таким образом, вместе с исследованием феномена присутствия необходимо изучение влияния виртуальной реальности на решение интеллектуальных задач. Поэтому было решено организовать изучение состояний потенциальных пользователей систем научной визуализации на базе виртуальной реальности. В этой связи возник вопрос о выборе методики исследования.

4. Переживание феномена присутствия

Феномену присутствия посвящено значительное количество исследований. В то же время немного работ связанно с исследованием феномена присутствия у пользователей систем научной визуализации. Поэтому выбор методик исследования переживания феномена присутствия у пользователей систем научной визуализации на базе сред виртуальной реальности представлял собой новую задачу. Естественно найти актуальную проблематику визуализации и в ее рамках проводить исследования. В этом качестве выбрана задача разработки средств визуализации для задач математической физики, в частности, связанных с сеточными методами вычислений. Основные данные, получаемые в результате расчетов, представляют собой массивы значений параметров в узлах расчетной трехмерной сетки. Точность результатов моделирования зависит от количества элементов сетки, то есть от числа ее разбиений. Необходимо изучение отдельных фрагментов сетки и обеспечение навигации в трехмерном пространстве. Пользователь в данном случае имеет дело с большим объемом сложно структурированных данных. Использование сред виртуальной реальности может дать большой эффект при визуализации сеток за счет эгоцентричной точки обзора, “погружения” пользователя в данные и возможности изучения сетки изнутри. Возможна реализация “путешествия” внутри сетки и изучения особенностей ее внутренних объектов.

Первой идеей была идея проведения исследования на базе системы визуализации с использованием очков виртуальной реальности и сеточных данных, генерируемых используемыми на практике системами моделирования. Это, во-первых, обеспечивало сравнительно быстрое достижение поставленной цели, а, во-вторых, позволяло работать с настоящими данными и настоящими пользователями, выясняя на практике все поставленные вопросы. Однако именно из-за проблем с пользователями эта идея оказалась нереализуемой. Оказалась, что количество исследователей, способных полноценно анализировать и интерпретировать конкретные графические выводы, ограничено специалистами, знающими и понимающими сущности математической и компьютерной моделей. Другие

исследователи, компетентные в принципе, но, не имея полной информации о модели, могут не увидеть важные особенности. Делать какие-либо выводы на основе весьма малой выборки нельзя. Да и заставить специалистов заниматься исследованиями собственных свойств и особенностей достаточно затруднительно.

Далее в качестве модельной задачи была предложена проверка скорости и точности ориентации по трехмерной карте местности, реализованной в среде виртуальной реальности. Задачи пространственного ориентирования носят универсальный характер и могут быть поставлены как в дву-, так и в трехмерной среде. Возможна реализация передвижения по традиционной карте и по ландшафту, представленному в среде виртуальной реальности. Это позволяет сравнить между собой визуализацию, предназначенную для обычного вывода информации на экран и визуализацию, ориентированную на среды виртуальной реальности. Задачи на пространственное ориентирование доступны широкому кругу пользователей и в какой-то мере могут быть увязаны с задачей навигации в абстрактном виртуальном пространстве. Однако в этом случае не предполагается моделирование основных операций анализа данных в виде, характерном для научной визуализации.

В результате поиска подходящей основы для моделирования работы пользователя со специализированной системой научной визуализации на базе среды виртуальной реальности была выбрана методика, в которой испытуемым предлагалась задача на пространственное преобразование объекта. Этой методикой является тест “Кубики Коса” – субтест интеллектуального теста Векслера. В ходе тестирования испытуемый должен собрать соответствующие предоставленному образцу узоры с помощью набора из разноцветных кубиков. “Кубики Коса” позволяют тестировать восприятие, моторику, зрительно-моторную координацию, пространственные представления и эвристические способности, оценивает способность к выполнению основных мыслительных операций - сравнение, анализ и синтез [10]. Выбор данного теста позволил использовать методики исследования, наработанные за долгие годы психологической и медицинской практики. В первоначальном исследовании в ходе экспериментов рассматривались два вопроса. Мешает или помогает использование виртуальной реальности пользователям систем визуализации в их работе. Влияет ли переживание феномена присутствия на способность решения интеллектуальных задач?

В эксперименте приняло участие несколько десятков человек, в основном студентов, аспирантов и профессионалов технических, естественнонаучных, математических и компьютерных специальностей. Задача испытуемых заключалась в выполнении десяти заданий на составление узора из верхних граней красно-белых кубиков.

Экспериментальная группа испытуемых выполняла тест в среде виртуальной реальности, выводимой на стереоочки. Контрольная группа выполняла тест с выводом визуализации на экран монитора, на котором было установлено разрешение такое же, как на стереоочках. При этом не менялось ни содержание заданий, ни способ, ни последовательность их предъявления. Кроме этого, испытуемым обеих групп было предложено посмотреть в стереоочках два демонстрационных ролика, иллюстрирующих возможности сред виртуальной реальности [7].

Рис. 1. Пример созданной для эксперимента виртуальной среды, позволяющей проходить тест «Кубики Коса» [7].

Данные показали, что виртуальная реальность не влияет на время решение заданий, однако влияет на правильность выполнения. В случае простых заданий влияние отрицательное. В экспериментальной группе чаще допускались ошибки. В случае же сложного задания, требующего обращения к пространственному воображению и выполнения операций мысленного вращения, виртуальная реальность даёт значительное преимущество. В экспериментальной группе не было допущено ошибок при выполнении усложнённого задания, тогда как в контрольной группе они были. Некоторые испытуемые в обеих группах не смогли даже ошибочно решить усложнённое задание. Большинство из них имели ошибочные стратегии решения, которые не смогли скорректировать и в итоге отказались от выполнения усложнённого задания. Однако только в экспериментальной группе некоторые испытуемые (10,3%) не смогли составить даже ошибочного плана решения и отказались после ряда хаотичных действий. В связи с этим была сделана гипотеза, что, хотя виртуальная реальность за счёт стереоскопического эффекта и создания объёмного изображения может способствовать операциям мысленного вращения, она также может и отрицательно влиять, скрадывая какие-то особенности изображения. Чтобы обеспечить производительность пользователей при проектировании визуальных систем необходимо учитывать особенности вывода и восприятия изображения в средах виртуальной реальности [7].

Переживание феномена присутствия определялось на основании субъективных самоотчетов, сделанных испытуемыми экспериментальной группы, и предложенного Витмером и Сингером опросника присутствия, «Presence Questionnaire [5]. У части испытуемых в ходе решения выполнения теста было зафиксировано переживание феномена присутствия. Анализ показал, что феномен присутствия как таковой не оказал значимого влияния на время и правильность решения теста “Кубики Коса”. Было выдвинуто предположение о том, что переживание феномена присутствия не будет оказывать влияние и на решение других интеллектуальных задач сходного типа и может не приниматься во внимании при проектировании виртуальных сред, предназначенных для сложной умственной деятельности [7].

На следующем этапе исследований тем испытуемым экспериментальной группы, которые указали на переживание феномена присутствия при выполнении теста, а также испытуемым контрольной группы, указавшим на переживание феномена присутствия при просмотре демонстрационных роликов, было предложено принять

участие в дополнительном эксперименте, цель которого состояла в изучении особенностей протекания переживания феномена присутствия. Испытуемым дали возможность «полетать» над виртуальным городом в условиях, максимально направленных на переживание участниками феномена присутствия. После этого они были опрошены с помощью структурированного интервью. В результате было описано протекание некоторых видов и уровней присутствия (средового, социального, личного присутствия). Отмечено различное влияние одних и тех же условий на разных людей, указавших на один и тот же уровень присутствия [7]. В ряде случаев у пользователей отмечались негативные эффекты, которые в литературе описываются, как «киберболезнь» (головокружение, тошнота, утомление и т.п.). (Интересно, что при экспериментальном использовании одной из моделей стреоочков, такие эффекты стали постоянными, но почти полностью исчезли при использовании очков очередной модификации.)

В настоящее время тест реализован на новой аппаратной и программной базе. Начат следующий этап исследований феномена присутствия в связи с решением интеллектуальных задач. Эти исследования становятся особенно актуальными в ходе разработки новых специализированных систем визуализации с использованием очков виртуальной реальности и с реализацией естественных (жестовых) интерфейсов. [6]. Средства виртуальной реальности применялись в ряде специализированных систем и примеров визуализации для представления вычислительных сеток, кристаллов, а также модели сердца, описанного в виде набора точек и сеток. При этом имели место естественная и абстрактная образности визуализации. Объем визуализируемых данных – 10**6 – 10**9 точек и выше. Появляется необходимость ориентироваться в сложно структурированных абстрактных пространствах. Для навигации в этих пространствах необходимо научиться находить нужное направление при перемещении. Наблюдения в целом подтвердили эффективность использования средств виртуальной реальности. Пользователи получают дополнительные возможности по изучению модельных сущностей и их особенностей при визуализации с помощью. Использование жестовых интерфейсов при работе в виртуальных средах значительно облегчает взаимодействие с объектами и навигацию в пространстве.

5. Изучение инсайта при визуализации

Получение инсайта рассматривается в качестве цели компьютерной визуализации, а его наличие, как один из основных критериев при оценке качества визуализации. Инсайт понимается как событие, при котором человек сразу же формулирует возникающую у него основную мысль. Рассматривается также немгновенный инсайт, при котором мысль формируется в течение некоторого времени как бы на наших глазах. [8] Задача получения инсайта определяет формы представления визуализации и временные ограничения при получении результата.

Наблюдения за пользователями систем визуализации позволяет говорить о нескольких типах поведения в ходе работы. Возможен быстрый просмотр изображения, позволяющий сделать те или иные выводы о сути представленной проблемы. В других случаях изучение «картинки» занимает много времени. Здесь также возможны различные варианты, например, отслеживание изменений в динамическом изображении, или своеобразное чтение визуального текста с анализом деталей, в том числе, и в режиме взаимодействия с визуальными объектами. Кроме того, наблюдения показывают, что некоторыми пользователями визуализации результат был получен практически мгновенно. (В том числе решения задачи по кубикам Коса в рамках экспериментов со средами виртуальной реальности.) Можно заключить, что в этих случаях имел место «мгновенный» инсайт. Также ряд наблюдаемых случаев можно было описать в терминах «немгновенного» инсайта, когда пользователи формировали свои решения по мере вывода сложно структурированного визуального отображения.

По нашему мнению, инсайт не может рассматриваться как цель визуализации. Возможно его рассмотрение в качестве одного из средств получения результата – построения когнитивно-репрезентативных структур. Процесс визуализации можно рассматривать как построение визуального образа на основании абстрактных представлений об объекте. Эти абстрактные представления можно описать как модель исследуемого объекта, явления, или процесса, как-то связываемую с имеющимися у пользователя когнитивными структурами, описывающими данную сущность. Визуальные образы, представляющие моделируемую сущность, служат для того, чтобы создать или восстановить когнитивные структуры. Порождение когнитивных структур по визуальным образам и есть процесс интерпретации.

В тоже время нельзя не отметить важности изучения инсайта в связи с использованием сред виртуальной реальности и феноменом присутствия.

6. Феномен присутствия и эмоции

Как известно, среды виртуальной реальности очень активно используются в развлекательных комплексах для разнообразных демонстраций и игр. Полезно было бы обсудить ряд наблюдений, сделанных в связи с этим.

В случае неполного погружения, когда созданная компьютером среда окружает пользователя не со всех сторон, оставляя возможность наблюдать реальный мир, не создается даже частичного переживания присутствия до тех пор, пока наблюдатель не вовлекается в события среды. Однако те же люди указывают на полное переживание присутствия при вовлеченности. Возможна ситуация, когда при переживании полного зрительного погружения большая часть событий в виртуальной среде проходит вне сознания человека, не считая самого начала и самого конца интерактивной демонстрации [7].

В развлекательных комплексах предлагается набор игр с перемещениями в виртуальном пространстве и демонстраций, например, подводного мира. В играх важную роль играют хорошо реализованные виртуальные инструменты взаимодействия. Интересно, что даже имеющий достаточный опыт работы в средах виртуальной реальности и многократно наблюдавший случаи присутствия человек оказывается полностью или частично вовлеченным в виртуальный мир. Возможно возникновение чувства страха в связи с ситуациями и персонажами виртуального мира. При этом остается понимание нереальности мира, созданного виртуальной средой. То есть не было потери памяти, не было забывания, что перед глазами всего лишь разворачивается анимированная картинка. Человек может испытать сильное средовое присутствие и вести себя так, как будто эта среда реальна. Возможен страх из-за предметов, которые могли бы, нанести вред, будь ситуация реальна. Несмотря на самоконтроль, сила средового присутствия была весьма велика. Например, при «погружении на дно океана» напоминание самому себе, что ситуация не реальна, и человек не может дышать под водой, не помешало бояться проплывающих мимо медуз или кита.

Следует отметить, что инсайт зачастую тоже связан с эмоциональными переживаниями (в частности, определенный шок от открытия чего-то нового и важного, ощущение радости от успеха и т.п.).

7. Заключение

Таким образом, развитие компьютерных технологий порождает необходимость новых исследований, которые, в свою очередь, ставят новые вопросы перед исследователями. В настоящее время идет подготовка к очередному этапу экспериментальных исследований феномена присутствия на базе экспериментов с кубиками Коса. Новые исследования должны совместить методику исследования присутствия с помощью структурированного интервью и изучение интеллектуальной работы пользователей сред виртуальной реальности.

Отметим, что изучение феномена присутствия имеет значение не только при разработке систем научной визуализации, но и при создании тренажеров различного типа. В этом случае присутствие может играть как позитивную, так и негативную роль. Необходимо проектирование новой серии экспериментов для изучения феноменов виртуальной реальности в таких задачах.

8. Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность О.Е. Сурниной и А.А. Щербинину за активное участие в проектировании экспериментов и проведении исследований феномена присутствия.

9. Литература

[1] Baker, M. P., Wickens, C. D. Human Factors in Virtual Environments for the Visual Analysis of Scientific Data // Technical Report, NCSA. 1995.

[2] Bryson S., Levit C. The virtual windtunnel: an environment for the exploration of three-dimensional unsteady flows // VIS '91 Proceedings of the 2nd conference on Visualization '91. San Diego, California - October 22 - 25, 1991. Pp. 17-24.

[3] Cruz-Neira C., Sandin D. J., DeFanti Th. A., Kenyon R. V., Hart J. C. The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment // Communications of the ACM CACM, Volume 35 Issue 6, June 1992. Pp. 64-72.

[4] Pettifer, S. An operating environment for large scale virtual reality. Unpublished doctoral dissertation, The University of Manchester. 1999.

[5] http://aig.cs.man.ac.uk/publications/papers/srp-phd.pdf.

[6] Witmer B.G., Singer M.J. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire // Presence. Vol. 7. No 3. 1998. P. 225–240.

[7] Авербух В.Л., Анненкова О.Г., Артемова Н.А., Бахтерев М.О., Васёв П.А., Пестова М.С. Стародубцев И.С., Ушакова О.В., Разработка специализированной системы визуализации вычислительных сеток // Тезисы XVI Международной конференции Супервычисления и Математическое Моделирование». Тезисы. Саров. 2016, стр. 15-16.

[8] Авербух Н.В., Щербинин А.А. Феномен присутствия и его влияние на эффективность решения интеллектуальных задач в средах виртуальной реальности // Психология Журнал Высшей школы экономики. Том 8, N 4, 2011, стр. 102-119.

[9] Брушлинский, А.В. Субъект: мышление, учение, Воронеж. МОДЭК, Москва: Институт практической психологии, 1996.

[10] Войскунский А. Е., Селисская М.А. Система реальностей: психология и технология. Вопросы философии 2005, N 11, стр. 119-130.

[11] Филимоненко Ю.И., Тимофеев В.И. Тест Векслера. Диагностика структуры интеллекта (взрослый вариант). Методическое руководство. СПБ. «ИМАТОН», 2004.

Об авторах

Владимир Лазаревич Авербух – заведующий сектором компьютерной визуализации ИММ УрО РАН, доцент УрФУ. E-mail – averbukh@imm.uran.ru.

Наталья Владимировна Авербух – исследователь АНО ИНЭКС. E-mail – natalya_averbukh@mail.ru.