

# Исследование работы пользователей систем визуализации, построенных на базе сред виртуальной реальности.

В.Л. Авербух, Н.В. Авербух, А.А. Щербинин

Роль научной визуализации заключается в обеспечении этапа анализа и интерпретации результатов компьютерного моделирования. Резкое возрастание объемов данных, связанное с использованием параллельных и распределенных вычислений, естественно приводит к использованию сред виртуальной реальности. Нами разработан программный комплекс, поддерживающий эксперименты, выявляющие возможности пользователя по выполнению (в частности) сравнения и анализа визуальных данных при работе в средах виртуальной реальности. Проведенные исследования позволяют проектировать эффективные методики представления информации в системах научной визуализации на базе сред виртуальной реальности.

## 1. Виртуальная реальность

Визуализация обеспечивает этап анализа и интерпретации результатов компьютерного моделирования. Резкое возрастание объемов данных, связанное с использованием параллельных и распределенных вычислений, естественно приводит к использованию новых возможностей компьютерной графики, включая среды виртуальной реальности. На базе систем виртуальной реальности построен целый ряд эффективных систем научной и информационной визуализации и визуализации программного обеспечения.

Среды виртуальной реальности реализуются на базе:

- а) рабочих станций;
- б) шлемов или очков со встроенным экраном и каких-либо ручных манипуляторов с большим количеством степеней свободы;
- в) “театра виртуальной реальности”, где сцена первоначально представляет собой куб размером с комнату, со стенами, а также потолком и полом, на которые проецируется видеоизображение с высокой разрешающей способностью. (Другое название систем этого типа - CAVE).

При использовании рабочей станции получается “недорогая” виртуальная реальность с низкой степенью погруженности в нее пользователя, которую можно использовать для демонстрации достаточно простых отображений данных. Для достижения стереоэффекта рекомендуется применение специальных очков.

Использование шлема или очков или с встроенным экраном, обеспечивает высокую степень погруженности пользователя за счет заполнения всего поля зрения синтезированными системой образами, а также за счет использования специальных аппаратных средств, повышающих ощущение погруженности. Средства слежения за движениями головы и глаз и ручные манипуляторы обеспечивают ввод необходимых данных для генерации сцен в соответствии с движениями пользователя.

При использовании театра виртуальной реальности не надо применять обременяющий пользователя шлем. Для наблюдения за качественным стереоизображением и управлением его выводом достаточно специальных очков со средствами слежения за движениями головы и глаз, а также трехмерного манипулятора.

Можно определить виртуальную реальность в терминах опыта человека как реальную или моделируемую среду, в которой человек, ее воспринимающий получает впечатление “присутствия”. Взаимодействуя с виртуальной средой, пользователь не просто наблюдает то, что происходит на экране, он “погружается” в “новый мир” и принимает участие в его жизни. Это происходит, несмотря на тот факт, что в действительности и пространство этого мира и его объекты существуют в памяти компьютера и мозгу пользователя. Отмечается, что естественное, построенное на интуиции

управление является сутью погруженности в системах виртуальной реальности. Если управление сложно или приводит к ошибкам, то иллюзия погруженности очень быстро исчезает. Важную роль в системах виртуальной реальности играет пользователь, “погруженный” в эту реальность. Пользователь осуществляет управление выводом информации, а также может участвовать в адаптивном управлении работой некоторой прикладной программы.

## 2. Проектирование эксперимента

Наличие сложной техники, зачастую закрепленной на голове и теле пользователя, мешает его “погружению”. Кроме того, имеет место целый ряд негативных явлений, связанных в частности с расстройствами вестибулярного аппарата, мешающих работе и даже приводящих к потере трудоспособности (так называемая, *cybersickness* - киберболезнь). В принципе одной из задач проектировщиков систем визуализации на базе сред виртуальной реальности и является предотвращение нежелательных последствий ее эксплуатации. Однако можно поставить вопрос и более радикально - насколько эффективно пользователь таких систем может проводить интерактивную интерпретацию данных, при этом нормально ориентируясь в виртуальном пространстве и осознанно управляя перемещением в нем. (Кстати говоря, именно “погруженность”, которая рассматривается как один из основных факторов качества систем на базе виртуальной реальности, может оказаться помехой при осуществлении интеллектуальных операций.)

Нужны эксперименты, выявляющие возможности пользователя по работе в средах виртуальной реальности и сравнению эффективности этой работы с аналогичной деятельностью в рамках систем визуализации на базе “традиционной” компьютерной графики.

Сначала мы искали возможность провести эксперименты на примерах, взятых из действующих систем визуализации, в частности на примере системы визуализации сеточных данных больших объемов [1]. Предполагалось, что пользователи сравнят трехмерные отображения сетки, выводимые на обычный экран монитора и на очки виртуальной реальности. Сложность в этом случае заключается в том, что интерпретировать изображения сетки, состоящей из  $10^{**6}$ - $10^{**7}$  точек, может весьма ограниченное число людей - заказчиков системы и визуализации и “хозяев” вычислительной модели, ясно и четко понимающих как ее характеристики, так и суть моделируемых явлений. Нельзя решать что-либо на основании мнения двух-трех экспертов, к тому же по необходимости посвященных в замысел эксперимента.

Вторая идея была связана с попыткой создать эксперимент на базе сравнения способности к ориентировке по двумерной карте местности, ее трехмерному (а также двух половиной мерному) аналогу и отображению местности, выводимому на очки виртуальной реальности. Кроме технических проблем такого эксперимента (выбор местности для эксперимента, например, природный или городской ландшафт; наличие близких по качеству и подробности двумерных и трехмерных карт, поиск достаточного количества участников эксперимента, обладающих примерно одинаковыми навыками ориентирования на местности и по карте и т.п.) главной проблемой была ограниченность самого характера эксперимента. В нем проверялась только способность ориентирования в двумерном пространстве по карте и трехмерном пространстве при посредстве графики и/или среды виртуальной реальности. Все другие интеллектуальные задачи остаются вне сферы исследования.

Окончательный выбор был связан с идеей компьютерной реализации одного из хорошо известных тестов, проверяющих интеллектуальные способности человека. При этом сравнение может идти между работой с использованием “традиционной” трехмерной графикой и сред виртуальной реальности, а заодно и с аналогичной деятельностью в “безкомпьютерном” варианте.

В результате был выбран тест “Кубики Коса”, который позволяет тестировать восприятие, моторику, зрительно-моторную координацию, пространственные представления и эвристические способности, оценивает способность к выполнению основных мыслительных операций: сравнение, анализ и синтез. Это делает его наиболее подходящим в качестве экспериментальной задачи, в которой мы моделируем умственную деятельность человека в виртуальной реальности. В использованном нами варианте теста “кубики Коса” имеют место 10 карточек с заданиями и 9

кубиков. Задача испытуемого состоит в том, чтобы за отведенное время выложить из кубиков фигуру, соответствующую предъявляемой задаче. За выполнение задания начисляются баллы, при этом учитывается не только правильность, но и скорость.

Задачей было не создание теста “кубики Коса” при помощи компьютера, а изучение работы человека с разными средствами визуализации. В эксперименте не планируется исследование пространственного мышления и других подобных качеств с помощью компьютерного варианта кубиков Коса. Наша цель - выяснить, есть ли различия в способностях к сложной деятельности у пользователя, использующего реальные кубики, программу на базе трехмерной графики и среду виртуальной реальности. Необходимо выявить, каким образом меняется скорость выполнения теста и поведение испытуемого при работе с привычным компьютером и при работе с помощью средств виртуальной реальности.

### **3. Программное обеспечение эксперимента**

Итак, при разработке программы основным требованием было создание адекватной реализации теста “Кубики Коса”, поддерживающей как “традиционную” трехмерную графику, так и трехмерную графику на основе виртуальной реальности. Программа должна в автоматическом режиме собирать количественную информацию о ходе тестирования и записывать ее в файл для дальнейшей обработки. В файле фиксируется: правильно или неправильно выполнено задание, общее время выполнения (от появления рисунка и до нажатия кнопки “Далее”), фиксация хода выполнения и запись конкретных манипуляций испытуемого при решении задачи (повернул кубик, передвинул кубик и т.п.).

Для непосредственной реализации приложения было принято решение использовать C++ (Visual Studio 2003) и OpenGL версии 1.1. Важной особенностью является то, что стерео-очки EMagin Z800 на уровне драйверов поддерживают OpenGL, что позволяет осуществлять формирование изображения для каждого глаза средствами драйвера. В тоже время, исключается необходимость вмешательства со стороны разработчика, зато можно легко применять сглаживание и другие методы улучшения изображения. Кроме этого, OpenGL 1.1 входит в состав стандартных библиотек Visual Studio и является открытым и независимым от аппаратных средств и обеспечивает простой и удобный интерфейс для работы с возможностями 3D-подсистемы. Благодаря этой особенности, одна и та же программа может использоваться для проведения тестирования как в обычной трехмерной среде, так и в виртуальной среде с использованием стерео-очков.

Важным аппаратным требованием является наличие GPU фирмы NVIDIA, поскольку на текущий момент только специальные драйвера для видеокарт NVIDIA имеют встроенную поддержку стереорежима (anaglyph mode). При работе со стерео-очками допускается только режим 800x600 точек и 32-битный цвет при частоте обновления 60Гц, поэтому программа автоматически устанавливает этот режим при запуске.

Рабочая область представляет собой показанную под некоторым углом поверхность виртуального «стола», на которой и размещаются кубики. В нижней части экрана предъявляется выполняемое задание.

Все манипуляции было решено связать с мышью, поскольку этот манипулятор знаком подавляющему большинству пользователей и позволяет осуществлять непрерывные движения, в отличие от клавиатуры. Еще одним минусом при управлении с помощью клавиатуры была необходимость запоминать расположение и назначение задействованных клавиш.

Манипулятор типа “перчатка”, с одной стороны, расширял возможности по перемещению и потенциально усиливал погружение за счет большей естественности. Но, с другой стороны, это затруднило бы осуществление поворотов и повысило сложность освоения, в частности из-за затруднительности реализации естественных движений в силу ограниченности технических возможностей подобных манипуляторов. Пониженная точность также являлась сдерживающим фактором, поэтому после серии сравнительных испытаний было принято решение в текущей работе отказаться от применения “перчатки”.

Использование мыши и клавиатуры одновременно также было признано малоэффективным из-за сложностей в освоении и необходимости работы одновременно двумя руками, что требует дополнительного распределения внимания и затрудняет погружение в виртуальную среду.

Таким образом, в ходе обсуждения и рассмотрения вариантов построения ввода, мышь была признана манипулятором, более других соответствующим поставленной задаче. Отдельной сложностью было распределение всех требуемых функций по кнопкам мыши с учетом их важности для решения задачи, так как современным стандартом являются мыши с тремя кнопками (причем роль средней кнопки обычно выполняет колесико, что, вследствие меньшего размера, затрудняет нажатие). Как показало исследование [2], в ходе подобных экспериментов основную часть времени испытуемые тратят на перемещение и поворот кубика. Поэтому было принято следующее назначение функций на клавиши. Взятие и постановка кубика связаны с нажатием левой кнопки мыши, поскольку это является фактически стандартом для системы Windows и, следовательно, привычно почти всем пользователям и исключает возможные ошибки при освоении. Перемещение курсора осуществляется движением мыши. Поскольку мышь поддерживает только перемещения в плоскости, перемещение кубика тоже ограничивается плоскостью “стола”.

Кроме перемещения тест подразумевает возможность поворота кубика. Несмотря на то, что принципиальным для выполнения теста является только дискретный набор вращений, соответствие реальному эксперименту требует, чтобы поворот мог осуществляться на произвольный угол. Следовательно, поворот также требовалось связать с перемещением мыши. Было принято решение поворачивать кубик движением мыши при нажатой правой кнопке. Второстепенным по отношению к перемещению и повороту является возможность изменение места положения наблюдателя, поэтому она была назначена на движение мыши при нажатой средней кнопке мыши (колесике).

Разработанная программа была, прежде всего, обсуждена со специалистами-психологами, имеющими опыт в области реального тестирования, включая использование “кубиков Коса”. Их указания оказались весьма полезными при проектировании программы и организации процедуры эксперимента.

#### **4. Первые результаты и перспективы дальнейшей работы**

В настоящее время проводится пилотажное тестирование, которое начато с виртуальной версии теста, чтобы сразу же устранить возможные ошибки программы и организации эксперимента. Первыми испытуемыми стали аспиранты и сотрудники кафедры информатики и процессов управления математико-механического факультета УрГУ, специалисты в области человеко-компьютерного взаимодействия и разработки программного обеспечения, прекрасно ориентирующиеся в работе современных визуальных систем различного назначения. Все они имели возможность первоначального обучения при работе в среде виртуальной реальности. Кроме автоматически снимаемых программой данных во время прохождения теста записывался также протокол наблюдения за испытуемым и, после прохождения – результаты опроса о впечатлениях работы с программой. После прохождения теста испытуемые смогли не только описать свои впечатления как “наивные пользователи”, но и дать свою характеристику тестирующей системе, с которой они работали. Полученных результатов ещё недостаточно для того, чтобы делать выводы, однако представляется, что возможные реакции пользователя на работу с виртуальной средой будут различны. Отметим, что ни один из испытуемых не отметил ощущения присутствия (“погруженности”). Все описывали свои ощущения аналогичными с ощущениями при обычной работе с компьютером. Испытуемые сообщали, что ощущения подобны тому, как, если бы они сидели перед обычным монитором. Вместе с тем, указывалось на физическое неудобство при использовании очков, связанное с настройкой резкости, яркости и т.п. Объективные данные (скорость выполнения, качество выполнения тестов, количество движений при работе, а также наблюдение за состоянием испытуемых) показали, что выполнение интеллектуальных задач в среде виртуальной реальности у подготовленных пользователей проходит в обычном режиме и не слишком отличается от работы с реальными объектами. Подтвердилась возможность проявления “киберболезни” при неудачной настройке очков виртуальной реальности.

После бесед с испытуемыми было принято решение внести изменение в программу, связанное с масштабом отображаемых предметов. В среде, где работают испытуемые, виртуальные кубики выкладываются на виртуальном столе, который стоит в виртуальной комнате. Однако, чтобы сохранить реальный масштаб, кубики были сделаны настолько маленькими по сравнению со столом и стенами, что испытуемым кажется, что они просто двигают кубики на плоском коричневом (стол) и сером (стены комнаты) фоне. Для создания перспективы следует изменить масштаб, чтобы испытуемым казалось, что кубики действительно лежат на столе, который стоит в комнате, а не выкладываются на неопределённом серо-коричневом фоне.

В дальнейшем кроме аудиозаписи результатов тестирования будет выполняться также запись полноценного видеофильма во время тестирования, чтобы соотнести его с объективными результатами теста.

Следующие этапы работы предполагают как проведение масштабного тестирования, так и расширение эксперимента, в частности, за счет использования средств манипуляции объектами при помощи “интерфейса фонарика”[3], что, в свою очередь, полезно для исследования возможностей данного интерфейса.

## **Литература**

1. Горбашевский Д.Ю., Казанцев А.Ю. Визуализация сеточных данных большого объема // 15-я Международная конференция по компьютерной графике и ее приложениям ГрафиКон'2005 20-14 июня 2005, Россия, Новосибирск, Академгородок Труды Конференции. Новосибирск Институт Вычислительной математике и математической геофизике. Стр. 366-367.
2. Lok B., Naik S., Whitton M, Brooks F.P. Jr Effects of Handling Real Objects and Avatar Fidelity On Cognitive Task Performance in Virtual Environments // Presence: Teleoperators and Virtual Environments Volume 12 , Issue 6 (December 2003). Pp. 615- 628.
3. Зырянов А.В., Авербух В.Л. Интерфейс на основе жестов для взаимодействия с виртуальными средами // Тезисы 10-го Международного семинара "Супервычисления и Математическое моделирование", РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2008, с. 73-74.