

Учет деятельности пользователя при проектировании специализированных систем визуализации*

В.Л. Авербух^{1,2}, Н.В. Авербух², О.Г. Анненкова², М.О. Бахтерев¹,
П.А. Васёв¹, М.С. Пестова², И.С. Стародубцев¹
averbukh@imm.uran.ru

Екатеринбург, Россия, ¹Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения РАН;
²Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Работа посвящена анализу задач проектировщика по созданию специализированных систем компьютерной визуализации. Разработка специализированных систем связана с необходимостью обеспечения решения конкретной важной задачи. При этом анализ и интерпретацию результатов должна проводить небольшая группа специалистов. Поэтому необходимо учесть целый ряд факторов, таких как тип визуализации (когнитивная, доказывающая или иллюстративная), особенности данной прикладной области, цели визуализации, задачи конкретного компьютерного моделирования, а также цели, задачи и особенности конкретного пользователя, решающего заданные проблемы. При использовании средств виртуальной реальности необходим учет ряда вопросов, связанных с восприятием пользователей и их возможностями по взаимодействию с виртуальными объектами.

Ключевые слова: специализированные системы визуализации, виртуальная реальность, человеко-компьютерные интерфейсы.

1. Введение

Эта работа посвящена анализу задач проектировщика по созданию специализированных систем компьютерной визуализации. Разработка специализированных систем визуализации связана с принципиально новыми задачами, которые сложно решить за счет использования стандартных систем. При этом анализ и интерпретацию результатов должна проводить небольшая группа специалистов. Поэтому необходимо учесть целый ряд факторов, связанных с деятельностью математика и прикладного программиста.

Цикл компьютерного моделирования включает в себя такие этапы, как создание качественной (физической) и математической моделей, выбор или разработка алгоритмов и вычислительных методов, программирование, вычисление, анализ и интерпретация результатов. В рамках цикла компьютерного моделирования визуализация отвечает за обеспечение анализа и интерпретации результатов вычислений. Выделяются такие подобласти компьютерной визуализации, как научная визуализация, визуализация программного обеспечения и информационная визуализация. Научная визуализация занимается представлением данных об объектах, процессах и явлениях, моделируемых при научных вычислениях. В настоящее время научные вычисления могут проводиться на суперкомпьютерах и продолжаться многие часы, сутки или даже недели. Результатом вычислений являются массивы очень больших размеров, описывающие сложноструктурированные объекты. Как правило, объекты такого моделирования не имеют естественной

образности. В ряде случаев отсутствуют и общепринятые, привычные для данной научной дисциплины методики отображения (рендеринга).

2. Деятельность пользователя систем визуализации

Деятельность распадается на набор осознаваемых и мотивированных действий, которые, в свою очередь, реализуются набором операций. Деятельность может быть структурирована также за счет выявления: цели; мотивации; условий; личностных особенностей.

Всю деятельность можно представить целиком в терминах результата. Принятие решения всегда ориентировано именно на тот результат, который соответствует доминирующей в данный момент мотивации.

Деятельность может быть полностью выражена в вопросах:

1. какой результат должен быть получен?
2. когда именно должен быть получен результат?
3. какими механизмами должен быть получен результат?
4. как можно убедиться в достаточности полученного результата [4]?

Изучение деятельности в процессе анализа и интерпретации данных при помощи визуализации – важная задача, позволяющая повысить эффективность всего компьютерного моделирования. Деятельность специалиста, работающего с визуализационными представлениями различного назначения, в целом, аналогична по целям и методам деятельности исследователя. И хотя точного описания такой деятельности у нас нет, но можно рассмотреть описание ее элементов. Прежде всего, отме-

Работа опубликована при финансовой поддержке РФФИ, грант №16-07-20482

тим наличие различных целей визуализации, которые определяют ее тип. Выделяются когнитивный, доказывающий и иллюстративный типы визуализации. От типа визуализации зависит набор действий пользователя, работающего с системой. При описании визуализации как самостоятельной дисциплины в 1987 года было указано, что «визуализация есть способ увидеть невидимое» [8]. Отмечалось, что цель визуализации - инсайт, а не картинки. В дальнейшем наличие инсайта стало рассматриваться в качестве оценки качества систем визуализации [6].

Для случая информационной визуализации существует, так называемая, мантра Шнейдермана, предлагающая набор действий, состоящий из **обзора, масштабирования, фильтрации, выбора** необходимого элемента, анализа связей между элементами, сохранения **истории действий** (чтобы иметь возможность отмены, перезапуска или доработки), **извлечения** части данных и параметров запроса. (*Overview, Zoom, Filter, Details-on-demand, Relate, History, Extract.*) Однако здесь предполагается, что пользователь достаточно точно представляет себе, что он хочет найти в пусть большом, но обозримом массиве данных. В случае научной визуализации и визуализации программного обеспечения эти условия зачастую не выполнимы [7].

У нас есть опыт создания специализированных визуальных средств поддержки процесса разработки системного программного обеспечения. В этом случае разработчик, по сути, работал для себя, имея точное представление, как о целях и задачах работы, так и об изучаемых объектах программного обеспечения [1]. Чтобы проектировщик системы научной визуализации мог учесть задачи, цели и мотивы деятельности будущего пользователя, прежде всего, необходимо полноценное изучение соответствующей прикладной области. В ряде случаев будущие пользователи читали целый ряд лекций для проектировщиков. Без полноценного понимания сути задач разработка системы может оказаться безрезультатной.

Деятельность исследователя, изучающего визуализационные представления, зависит от многих факторов, включая его личные особенности. Кроме того, деятельность исследователя сильно зависит от аппаратного обеспечения, используемого для визуализации и интерфейсов. Как уже говорилось, зачастую, анализировать и интерпретировать результаты моделирования может очень узкий круг специалистов. Поэтому от качества визуализации, от того насколько учтены особенности восприятия и деятельности того или иного специалиста зависят и результаты важной работы. 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 наблюдение 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. В ряде случаев проявляется такой тип работы, как отладка модели, в ходе которой пользователю необходимо изучать визуальные отображения, переходить от одного вида отображения к другому и менять параметры счета и самой визуализации. (Можно говорить, что имеет место верификация и валидация модели.) Такая работа требует использования режима on-line визуализации.

Использование сред виртуальной реальности резко увеличивает возможности по анализу и интерпретации результатов. Виртуальная реальность обеспечивает такие характеристики, как трехмерность и стереоскопичность, возможность обеспечить взгляд изнутри пространства, обеспечивая погружения в виртуальный мир, контроль над видимой частью виртуальной среды [5].

3. Разработка специализированных систем научной визуализации

В настоящее время нами используется два подхода к разработке специализированных систем визуализации. В рамках одного из них пользователю-математику предлагается конструктор специализированных систем визуализации — инструментарий для проектирования и реализации необходимых видов отображения. Предложено несколько подходов к реализации конструкторов, которые описаны в работе [2]. Остается и традиционный подход — разработка системы специалистами, включающая тщательный учет целей и задач будущего пользователя, изучение последовательности его действий, анализ требований к операциям, обеспечивающим процесс анализа визуальных объектов.

«Свежие» результаты в разработке систем на базе «конструкторского» подхода описаны в работе [3]. Для задачи визуализации результатов численного моделирования электрофизиологических процессов в желудочке сердца совместно с математиком-«модельером» разработана система, использующая такие инструменты разработки, как декларативно-императивный язык универсального назначения Qml и библиотека трехмерной графики WebGL. Метод основан на описании сцен визуализации на языке QML с целью выполнения в Web-среде. Пользователь может изучать основные характеристики смоделированных данных и принимать решения по пригодности, как самой модели, так и отдельных

алгоритмов и их реализаций. Программа работает в браузере пользователя и загружает данные из системы хранения суперкомпьютера.

Метод разработки конструктора на базе подхода «Qml+Web» показал себя эффективным. Объем программы, описанной выше, составил менее 400 строк кода. Вместе с этим, данный метод представляется сугубо профессиональным. Пользователи в его рамках смогут составлять только сравнительно простые программы. В сложных случаях необходима совместная работа с профессиональным разработчиком. В настоящее время ведутся исследования в области визуальных методов создания систем визуализации. При этом это предполагается использование подходов, отличных от «классических» визуальных редакторов потоков данных.

Другим результатом является новая специализированная система визуализации сеток, основанная на традиционном подходе (разработка специалистами при постоянных консультациях с пользователями), которая имеет целью обеспечить разработку новых методов генерации систем невырожденных вычислительных сеток. Здесь также проводится проверка и валидация новых методов и алгоритмов. Пользователи выписали набор требований к функционалу системы, среди которых возможности отображения ячеек на гранях и внутри блоков, отображения отдельные ячейки и их внутренности, отображение узлов, а также вывод блоков, отображающих содержимое нескольких файлов (порядка десятков). Программа предназначена для визуализации структуры сеток и визуализирует сетки, записанные в формате *techplot*. Тип поддерживаемых сеток - равномерные с шестиугольными ячейками. Тип программы: веб-приложение. Программа обучена загружать локальные файлы и данные из сети по адресу (с интернета, суперкомпьютера, и т.д.). Допустимые размеры сеток и производительность зависят от количества свободной оперативной памяти и возможностей видеокарты.

В ходе обсуждений пользователи дополнили свои пожелания, указав, в частности, на необходимость показывать все ячейки сетки, включая внутренние, отображать (сделать) линии и плоскости со псевдопрозрачностью и с выбором (цветов) цвета палитры, направлений и шага плоскостей, обеспечивать прозрачность, показывать грань (набор ячеек) с номером K (в выбранном блоке и оси), показывать грань с N_1 по N_2 с шагом P (в выбранном блоке, применять фильтры для выбора внутренней части по параметрам (первый индекс, последний и шаг), показывать значения в узлах цветом, по указанию на узел показывать информацию о нем (координаты, числовые значения, номер блока). Система может функционировать в двух вариантах — с использованием монитора и очков виртуальной реальности.

Одной из основных проблем взаимодействия с виртуальной реальностью является сложность одно-временного отслеживания мозгом и виртуального и реального пространства. В связи с этим, могут возникать проблемы психологического и даже физиологического характера. Использование обычных устройств ввода часто оказывается затруднительным. Во время пространственной ориентации и навигации в сложно структурированных пространствах, например для трехмерных сетках, встает вопрос человеческого фактора. Одни способы взаимодействия со средой или передвижения по ней могут оказаться неудобными для пользователя, причинять сильный дискомфорт, другие отвлекать от задачи.

Для варианта с использованием виртуальной реальности разрабатывается язык жестов для обеспечения управления работой системы и навигации в виртуальной среде. Язык жестов включает в себя жест для определения объекта, с которым пользователь хочет взаимодействовать, жесты, обеспечивающие движение в пространстве, а также жесты управления работой. Пользователи системы указали на необходимость реализации жестов, обеспечивающих повороты сетки и ее отдельных частей. Реализация языка жестов использует технологии, основанные на захвате движений (*Leap Motion*).

4. Заключение

Специализированные системы часто ориентированы на узкий круг исследователей, способных разобраться в предлагаемом материале и сделать на основании его важные выводы. Поэтому разработка специализированных систем визуализации предполагает изучение и учет общих и локальных целей и задач пользователей, набора их действий и операций, необходимых для достижения результата их деятельности. Для оценки пригодности визуализации и интерфейсов важен не только конечный результат разового использования, но условия работы и общее состояние пользователя в течение длительного периода времени. Особенно важен такой анализ в ходе проектирования систем с использованием средств виртуальной реальности, который должен проводиться с учетом общих психологических и эргономических критериев, а также психологических и физиологических особенностей пользователей.

Визуализация является одним из заключительных этапов компьютерного моделирования. Деятельность специалистов-исследователей при анализе и интерпретации визуальных отображений не описана в общем виде. Тем не менее, необходима оценка деятельности, порождаемой системами визуализации, формализация которой позволит сравнивать системы по некоторому комплексному критерию, включающему, в частности, результаты рабо-

ты, интеллектуальную сложность отдельных операций и действий, состояние пользователей и т.п.

Литература

- [1] Авербух В.Л., Анненкова О.Г., Бахтерев М.О., Манаков Д.В. Анализ и оценка систем визуализации программного обеспечения параллельных вычислений // Вопросы атомной науки и техники (ВАНТ), серия Математическое моделирование физических процессов, 2015, вып.4, с. 58-70.
- [2] Авербух В.Л., Бахтерев М.О., Васёв П.А., Манаков Д.В., Стародубцев И.С. Развитие подходов к разработке специализированных систем компьютерной визуализации // GraphiCon2015: Междунар. науч. конф., Протвино, 22-25 сентября 2015 / АНО Науч. о-во «ГРАФИКОН»; Ин-т физ.-техн. информатики. Москва; Протвино, 2015. С. 17-21.
- [3] Васёв П.А., Правдин С.Ф. Система визуализации результатов моделирования сердца на суперкомпьютере // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016): труды международной научной конференции (28 марта – 1 апреля 2016 г., г. Архангельск). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 765.
- [4] Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. - СПб.Питер, 2005.
- [5] Baker M.P., Wickens Ch.D. Human Factors in Virtual Environments for The Visual Analysis of Scientific Data // NCSA-TR032, August 1995.
- [6] North, Ch. Toward Measuring Visualization Insight // IEEE Computer Graphics and Applications May/June 2006, Volume: 26, Issue: 3, Pp. 20-23.
- [7] Shneiderman B. The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations // Proceedings of the IEEE Conference on Visual Languages, September 3-6, 1996. Pp. 336-343.
- [8] Visualization in Scientific Computing (1987) Special Issue, ACM SIGGRAPH Computer Graphics, V. 21, N 6, November.