

ВИЗУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

А. А. Захарова, А. В. Шкляр

Институт кибернетики Национального исследовательского
Томского политехнического университета, 634034, Томск, Россия

УДК 519.71

Стремительное развитие технологий приводит к непрерывному росту объемов информации, которую необходимо подвергать интерпретации и анализу. Эффективность восприятия информации зависит от качества ее визуализации с использованием передовых технологий. Обоснована необходимость развития не только численных методов обработки данных, но и технологии создания, интерпретации и обработки визуальных образов различного типа, предложены способы представления визуальной информации и построения визуальных моделей.

Ключевые слова: 3D-моделирование, способы визуализации, визуальные образы, технология обработки данных.

The rapid development of technology leads to a continuous increase in the amount of information that must be subjected to interpretation and analysis. The effectiveness of information perception depends on the quality of its visualization. The necessity to evolve not only the numerical data processing techniques, but also technologies of creation, interpretation and processing of different visual forms.

Key words: 3D, modelling, visualization, data processing, visual form.

В современном мире человек постоянно и в огромных объемах получает информацию, которую вынужден не только воспринимать, но и анализировать, интерпретировать, а также принимает на ее основе решения.

Существуют следующие источники информации:

- результаты компьютерных расчетов, усложняющиеся по мере увеличения производительности компьютерной техники;
- актуальные результаты непосредственных наблюдений (информация, получаемая от всевозможных датчиков, фото- и видеоматериалы);
- всевозможные базы данных (независимые фактические данные);
- архивная информация (решения, принимавшиеся ранее, совокупность исходной информации для них, а также следствия принятых решений) и т. д.

Большую часть информации об окружающем мире человек получает с помощью зрения, поэтому представление данных в виде визуальных объектов, а не атрибутивных значений (числовых или текстовых описаний таких объектов) способно существенно увеличить скорость их понимания.

В ходе работы с полученной информацией (и формируемыми на ее основе данными) возникают трудности, обусловленные следующими факторами:

- поступающая информация не всегда является достаточной для однозначной оценки ситуации;
- сложность данных требует увеличения времени для их обработки;

— необходимо выявлять и анализировать противоречивые, неточные или ошибочные данные.

В течение длительного времени основными направлениями при решении указанных проблем являлись совершенствование вычислительных методов и увеличение мощности компьютерной и измерительной техники. Это привело к тому, что наиболее медленным звеном в цепи исходные данные — решение стало взаимодействие компьютер — человек. Одним из способов преодоления сложностей, возникающих на этом этапе, является представление данных в визуальной форме.

Эффективность такого подхода определяется дополнительным подключением к анализу информации образного ассоциативного мышления. Кроме того, структурированное обобщенное визуальное представление сложных данных позволяет привлекать к их анализу специалистов в конкретной области, не имеющих специальной подготовки в области обработки данных.

Одним из примеров обработки больших объемов сложной числовой информации является моделирование (реконструкция) геологических пространств по имеющимся геолого-геофизическим данным. Современные методы визуализации позволяют создавать модели пространственных объектов, максимально точно отражающие большое количество разнородной исходной информации. Таким образом, существует возможность построения визуальных моделей сложных реальных трехмерных пространственных объектов, включающих в качестве характеристик большой набор данных, необходимых для оценки интересующих наблюдателя свойств и состояний.

Значимость такого подхода обусловлена тем, что все компоненты модели создаются в рамках имеющего физический смысл трехмерного координатного представления. Таким образом, локализация любого компонента модели в пространстве самой модели является однозначной (уникальной), определенной без использования каких-либо условных представлений.

Важной особенностью трехмерной модели является возможность ее детального исследования (без потери содержания). С одной стороны, такая модель содержит огромный объем информации, доступной для сравнительного наблюдения в едином визуальном пространстве, что позволяет в несколько раз увеличить скорость и качество анализа данных. С другой стороны, имеется возможность изучения пространственных характеристик объекта моделирования под любым углом зрения, что является очевидным преимуществом по сравнению с традиционными способами построения картографических проекций.

Такие модели являются статическими. Однако при создании сложных визуальных образов имеется возможность включать в их описание изменяющиеся характеристики. Получаемые таким образом динамические модели являются эффективным инструментом анализа динамики и диапазонов изменения значительного количества величин.

При создании визуальных 3D-образов в качестве основных можно выделить два существенно различающихся направления (рис. 1). Поскольку основными характеристиками трехмерных моделей являются их пространственные геометрические свойства, нередко задачей моделирования является создание моделей, геометрия которых совпадает с геометрией моделируемых объектов. Для достаточно широкого круга задач качество трехмерной модели эквивалентно максимально точной имитации геометрических параметров моделируемого объекта. Обычно при использовании такого подхода существует реальный или спроектированный трехмерный объект, а целью создания модели-имитатора является получение возможности наблюдения или изучения собственных свойств объекта либо его взаимодействия

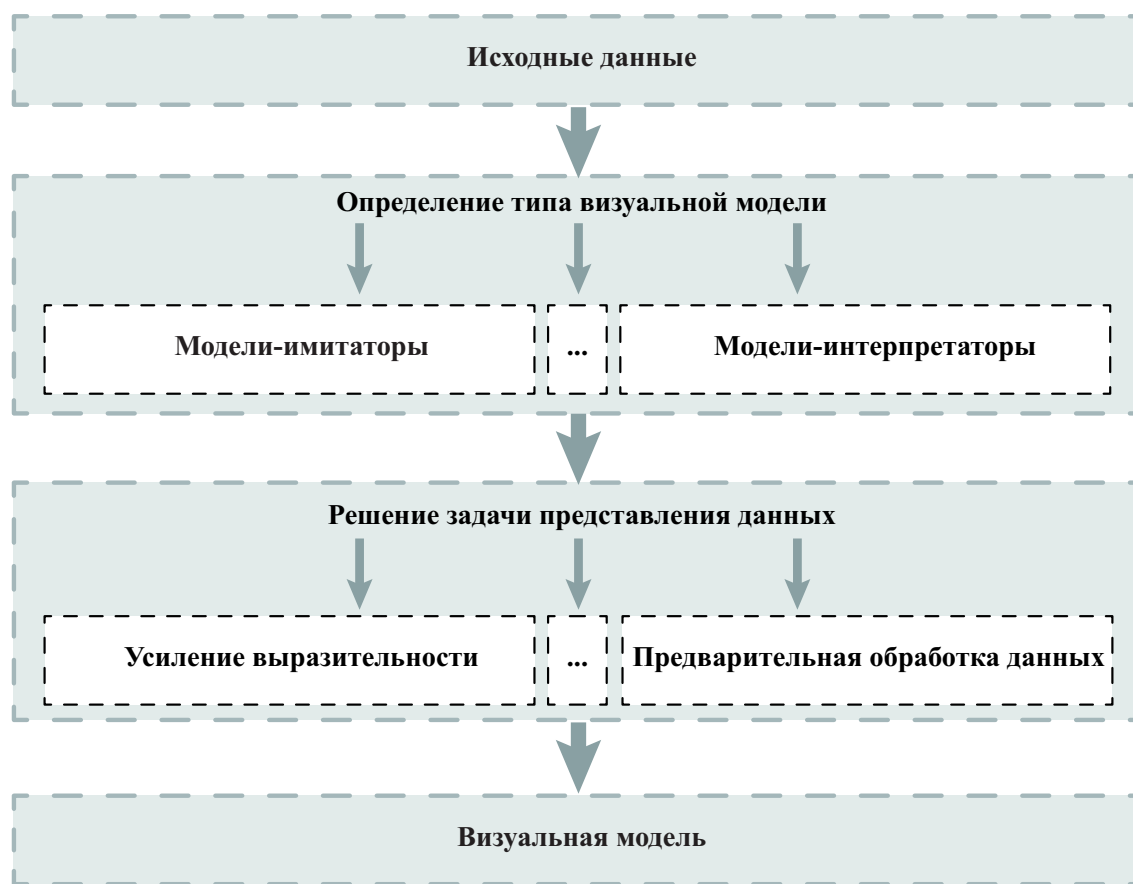


Рис. 1. Этапы разработки визуальной модели данных

с другими объектами. Иными словами, изначально известно, что представляет собой моделируемый объект, а модель-имитатор позволяет решать широкий спектр задач, требующих наблюдения за объектом. Примерами таких задач являются моделирование инженерно-технических объектов, отработка технологии изготовления и сборки сложных конструкций, архитектурное планирование, создание тренажеров для различных динамически управляемых процессов и др.

Не менее широк круг задач, в которых пространственная структура исследуемого объекта однозначно не определена. В этом случае трехмерное моделирование заключается в информативной интерпретации исходных данных. Модель-интерпретатор создается таким образом, чтобы информация о свойствах моделируемого объекта или явления была максимально наглядно представлена наблюдателю в удобной для анализа форме. Очевидно, что в этом случае определение способа визуализации представляет собой отдельную масштабную задачу, имеющую большое количество решений. Примерами использования моделей-интерпретаторов являются такие задачи, как визуализация скалярных и векторных полей данных [1], моделирование физических процессов (динамика жидкостей и газов, термодинамика, модели освещения и др.), создание моделей объектов и процессов, недоступных для непосредственного экспериментального наблюдения (микро- и макрообъекты, визуальные модели объектов медицины, химии, биологии) и т. д.

Поскольку количество областей, в которых могут быть эффективно использованы методы визуализации, существенно, множество способов визуализации данных постоянно уве-

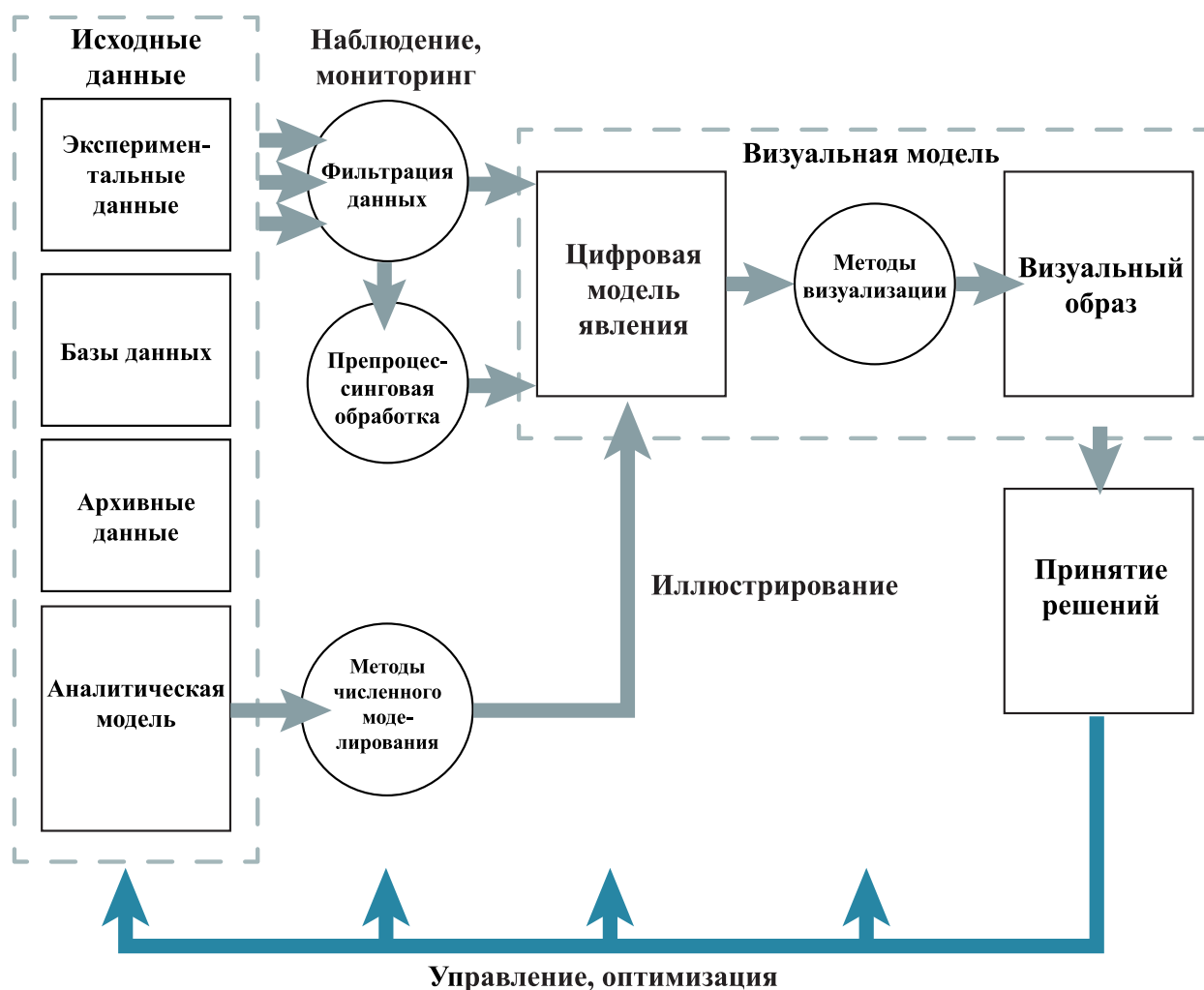


Рис. 2. Участие визуальных моделей в процессах анализа и интерпретации информации

личивается. В свою очередь разнообразие способов создания визуальных моделей привело к возникновению такого важного параметра, как информационная ценность визуального образа. Модель должна не только точно (с заданной степенью точности), корректно отражать значения исходных данных за счет высокого уровня технических возможностей, но и предоставлять возможность для полноценного наблюдения и анализа исходной информации. Таким образом, под информационной ценностью визуального образа будем понимать сочетание двух составляющих: информационного наполнения модели и времени, необходимого для восприятия наблюдателем интересующего его объема данных, их анализа и принятия решения.

Область применения визуализации не ограничивается лишь иллюстративными функциями (рис. 2). Создаваемые специально для представления и анализа больших объемов данных, сами модели являются источником новой информации, которая к тому же может быть интерпретирована по отношению к исходным данным. С учетом постоянно растущих мощностей вычислительных и графических средств это позволяет искать визуальные решения задач нахождения оптимальных или желаемых состояний моделируемых систем. В общем случае визуальные модели, создаваемые для решения таких задач, предоставляют возможность изменения визуальных параметров модели до интересующего наблюдателя состояния

моделируемой системы и определения значений базисных информационных параметров, соответствующих этому состоянию.

При объединении в единый комплекс визуальных моделей, решающих задачи непосредственного наблюдения и обратного воздействия на параметры, появляется возможность создания интерактивных систем анализа и управления. Важным направлением в этой области являются разработка и создание систем виртуального окружения (виртуальная реальность). Особенностью систем виртуального окружения является предоставление наблюдателю возможности находиться “внутри” созданной модели. В этом случае окружающее исследователя пространство становится максимально широким и удобным информационным полем, что позволяет более эффективно использовать способность человека к быстрому анализу визуальных образов, задействуя ассоциативное мышление. Одной из первых разработок в этом направлении можно считать систему *cave automatic virtual environment (CAVE)* [2].

Создание визуальных моделей для представления сложных данных во многих случаях приводит к необходимости решения самостоятельной задачи поиска наиболее информативного способа представления таких данных. В тех случаях, когда визуальная модель является комплексом нескольких разнотипных субмоделей, объединенных постановкой задачи в одном визуальном пространстве, определение способов представления и последующего анализа данных становится актуальной задачей. Примеров возникновения подобных сложностей достаточно много. Например, создание трехмерной модели даже небольшого архитектурно-промышленного объекта со всеми необходимыми внешними и внутренними коммуникациями неизбежно приводит к появлению очень сложной для быстрого восприятия модели. Нахождение приемлемого способа представления может происходить различными путями, среди которых выделяются два [3].

В ряде случаев удобным решением является построение визуальной модели таким образом, чтобы существенные для анализа ее состояния данные, их значения или свойства обладали максимальной наглядностью — повышенной степенью выразительности. При таком подходе модель, сохраняя свое информационное наполнение, приобретает качества, позволяющие наблюдателю анализировать только необходимые для понимания сути явления данные [4]. Например, в визуальные модели движения большого количества объектов (поток частиц) можно вводить маркеры, позволяющие легко получать представление о характере общего движения [5].

В других случаях применяется метод, дополняющий модель визуализацией данных, полученных при дополнительной обработке информации, для отображения которой она создавалась. Усложненный таким образом визуальный образ предоставляет возможность не только наблюдения за исходными параметрами, но и получения необходимых выводов при сопоставлении значений исходных данных и определенных при предварительном анализе сопряженных величин. Примером таких моделей являются траекторные задачи, когда наблюдатель имеет возможность видеть не только текущее положение объекта в пространстве, но и информацию о предыдущих или предполагаемых положениях в удобной для анализа форме.

Необходимо отметить, что и в тех и в других случаях работает принцип, согласно которому визуальная реалистичность модели является второстепенной характеристикой по отношению к ее информативности.

Кроме того, во многих ситуациях полученный визуальный образ того или иного процесса является первичным объектом исследования и анализа. Иными словами, обладая прове-

ренной технологией получения адекватной визуальной модели, наблюдатель имеет возможность делать качественные выводы об исследуемом явлении, не проводя анализ численных данных.

Разнообразие возможных вариантов построения визуальных моделей (особенно в случаях, когда объект визуализации является сложной системой, состоящей из компонентов, имеющих различную природу), статические и динамические характеристики, взаимодействие значительного количества составляющих элементов — все это неизбежно приводит к возникновению вопроса о программных и технических средствах, способных решить поставленную задачу. В силу ряда причин, как исторических, так и экономических, общих рекомендаций в решении этого вопроса не существует. Во многом это обусловлено тем фактом, что разработка программных средств для визуализации в течение длительного времени имела “догоняющий” характер, с одной стороны, следуя за появляющимися конкретными задачами, а с другой — учитывая возникновение новых технологий и технических возможностей. Это привело к появлению достаточно широкого класса программных продуктов, предназначенных для решения специализированных задач визуализации в конкретных предметных областях. В случае же, когда создается визуальная модель сложной разнородной системы, появляется необходимость использования для моделирования всех составляющих какого-либо универсального программного средства либо возникает не менее сложная задача поиска возможности использования имеющихся частных решений в рамках одного проекта. В первом случае необходимо разрабатывать способы применения неспециализированных инструментов для решения узких задач, а во втором преодолеваются конфликты форматов данных, используемых разными программными средствами.

На рис. 2 представлена схема процесса анализа и интерпретации информации, который, как отмечено выше, является итерационным. Рис. 2 позволяет судить о роли визуальных моделей в указанном процессе.

Таким образом, использование визуальных моделей предоставляет возможность накопления, хранения, сравнительного анализа и проверки данных, получаемых из источников различного типа. В частности, это позволяет проводить сравнение результатов решений, полученных разными способами, а именно экспериментальных (фактических) данных и результатов аналитических расчетов, характеристик объектов или процессов, полученных независимыми способами, получать представление о характере и степени изменений динамических параметров системы. Указанные возможности определяют круг задач, в которых используются визуальные модели, связанный с наблюдением за состоянием реальных сложных систем, значениями параметров, описывающих их состояние (в том числе в динамике), и обнаружением особенностей и тенденций возникающих изменений (мониторинг).

Список литературы

1. Могиленских Д. В., Павлов И. В., Федоров В. В. и др. Принципы построения и функциональное содержание системы визуализации для анализа скалярных и векторных полей, заданных на двумерных регулярных сетках. Снежинск, 2000. 26 с. (Препр. / РФЯЦ — ВНИИТФ; № 172).
2. CRUZ-NEIRA C., SANDIN D., DEFANTI T. Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE // Proc. of the 20th Annual conf. on computer graphics and interactive techniques “SIGGRAPH’93”. N. Y.: ACM, 1993. P. 135–142.

3. БОНДАРЕВ А. Е., ГАЛАКТИОНОВ В. А. Анализ развития концепций и методов визуального представления данных в задачах вычислительной физики. М., 2009. 28 с. (Препр. / ИПМ им. М. В. Келдыша; № 53). [Electron. resource]. URL: <http://library.keldysh.ru>.

4. ГУДЗОВСКИЙ А. В., КЛИМЕНКО С. В. Визуализация свободно-конвективных течений жидкости в полости // Тр. Междунар. конф. по компьютерной графике “ГРАФИКОН-1998”, Москва, 7–11 сент. 1998 г. М.: Изд-во МГУ, 1998. С. 31–38.

5. STOLK J., VAN WIJK J. J. Surface-particles for 3D flow visualization // Advances in scientific visualization. S.l.: Springer Verlag, 1992. P. 119–130.

*Захарова Елена Александровна — д-р техн. наук, зав. кафедрой,
зав. лабораторией Института кибернетики Томского
политехнического университета; тел. 42-06-98; e-mail: zaa@tpu.ru;
Шкляр Алексей Викторович — зав. лабораторией Института
кибернетики Томского политехнического университета;
тел. 8-905-089-80-10; e-mail: shklyarav@mail.ru*

Дата поступления — 13.09.11 г.