

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

В.Б. Таранчук, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета,

В.А. Куликович, ассистент кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета

О подготовке и распространении на базе системы Mathematica интерактивных графических приложений

Введение

В настоящее время аппаратное и программное обеспечение компьютера предоставляют разнообразные возможности создания и использования электронных документов с компонентами интеллекта, динамической интерактивности. Такие документы имеют ряд преимуществ перед печатными изданиями. Актуальной является задача повышения эффективности использования информационных технологий, определения требований к содержанию электронных документов, способам их подготовки, типовым правилам визуализации информации, что предполагает решение ряда технических и организационных вопросов.

В данной работе описаны основные возможности и рекомендации применения технологий компании Wolfram Research, в частности, системы компьютерной алгебры *Mathematica*, формата вычисляемых документов CDF, программных приложений-проектов из каталога Wolfram Demonstrations для создания, сопровождения и свободного распространения интерактивных обучающих систем, графических приложений. Приведены примеры из практики подготовки учебных материалов дисциплины «Компьютерная графика». Специфика преподавания предмета состоит в том, что в каждой теме изучаются не только теоретические основы, но требуется сопровождающий иллюстративный графический материал. В отдельных темах математическая составляющая достаточно сложная, поэтому важно иметь возможность делать выкладки и преобразования, причем в математической нотации, на персональном компьютере. Наглядность представления материала, возможность конструирования воображаемых моделей по их математическим описаниям – одно из необходимых требований для корректного понимания сути моделей и их описаний. Создание интерактивных, динамических графиков, поясняющих иллюстраций, обычно, предполагает сложные геометрические расчеты и аналитические преобразования. Подготовка соответствующих программных приложений не только требует специальных навыков, но и очень трудоемка. Система *Mathematica* предоставляет решение этой проблемы, в частности, через использование программных модулей Wolfram Demonstrations Project.

Базовый инструментарий

О системе Mathematica. Система *Mathematica* является одним из наиболее мощных и широко применяемых интегрированных интеллектуальных программных комплексов мультимедиа-технологии [1]. В системе реализованы и доступны пользователям практически все возможности аналитических преобразований и численных расчетов, поддерживается работа с базами данных, графикой и звуком. *Mathematica* дает пользователю возможности анализировать, манипулировать, иллюстрировать графиками все фун-

кции чистой и прикладной математики. Система обеспечивает расчеты с любой заданной точностью; построение двух- и трехмерных графиков, их анимацию, формирование геометрических фигур; импорт, обработку, экспорт изображений, аудио и видео ([1, 2]). Отмечаются уникальные возможности системы Mathematica в научно-методическом обеспечении образовательного процесса и научных исследований в высших учебных заведениях.

Формат вычисляемых документов (CDF). Назначение и особенности формата CDF ([3]), возможности создания с его использованием интерактивных программных приложений, документов, работающих на любых компьютерах во всех операционных системах после инсталляции бесплатной программы CDF Player, описаны в [4].

Проект Wolfram Demonstrations. Компанией Wolfram Research создан и регулярно обновляется систематизированный каталог [5] свободно распространяемых онлайн-интерактивных демонстраций – программных приложений-проектов. По состоянию на февраль 2015 г. в каталоге размещены и доступны посетителям сайта более 9890 демонстраций по разным разделам науки, техники, жизни. Целями проекта являются: демонстрация возможностей и приемов программирования в системе *Mathematica*; расширение круга пользователей разработок Wolfram. Включенные в коллекцию модули с интерактивным интерфейсом динамически иллюстрируют решения задач, различные процессы и понятия в широком диапазоне областей: математика, естественные науки, техника, экономика и т.д.; охватывают различные уровни знаний от элементарной школьной математики до сложных тем, например, таких как квантовая механика или модели биологических организмов.

Все включаемые в каталог демонстрационные примеры имеют непосредственно связанный с графикой или визуализацией пользовательский интерфейс, который динамически пересчитывается в ответ на такие действия пользователя, как нажатие на кнопку или перетаскивание графического элемента [4]. Каждая демонстрация имеет описание представляемой идеи. Все модули коллекции доступны для загрузки в формате системы *Mathematica*

NB и формате вычисляемых документов CDF. Наличие проектов в открытом доступе и без ограничений прав использования позволяет создавать собственные интерактивные приложения с минимальными усилиями.

В настоящей работе излагаются методические аспекты, новые возможности создания, на примерах поясняются рекомендуемые этапы адаптации имеющихся учебных материалов, разработки и использования интерактивных образовательных ресурсов. Вопросы программирования, подготовки к свободному распространению интерактивных обучающих модулей, особенности, которые следует учитывать при программировании в *Mathematica* приложений, ориентированных на широкое использование (в том числе использование на веб-страницах при просмотре в различных браузерах), обсуждаются в отдельной работе «О программировании в системе *Mathematica* интерактивных графических приложений».

Примеры, этапы реализаций

Основные компоненты, применяемые средства создания и сопровождения интерактивных обучающих систем отметим на примерах подготовки электронных учебных материалов дисциплины «Компьютерная графика».

О программных модулях, используемых в темах дисциплины. При преподавании в БГУ на факультете прикладной математики и информатики предмета «Компьютерная графика» (специальность «прикладная информатика») используются интерактивные демонстрации (программные приложения-проекты) из коллекций [5] по следующим темам:

- Цвет в компьютерной графике. Аддитивная, субтрактивная цветовые системы, модель «цветовой куб». Интуитивные цветовые модели и их геометрическая интерпретация. Стандартные цветовые системы и преобразования между ними.

- Математические основы машинной графики. Точка, вектор, расстояние на плоскости и в пространстве. Уравнения отрезка, луча в 2D и 3D: параметрические, с направляющим вектором. Нормаль. Расстояние до точки. Угол между прямыми. Преобразования координат. Однородные координаты. Геометрические преобразования в 2D и 3D. Матричное представление преобразований (сдвиг, отражение/симметрия, пово-

рот, масштаб). Задачи поворота вокруг произвольной оси, относительно точки. Композиция 3D преобразований, их коммутативность. Конвейер геометрических преобразований. Проекция, матрицы проективных преобразований.

- Основы обработки цифровых изображений. Линейные, нелинейные фильтры, примеры, морфологические операторы. Поиск границ на основе градиента, лапласиана.

- Построение реалистичных изображений. Модели освещения в компьютерной графике. Моделирование прозрачности. Построение теней. Текстура. Понятие, примеры воксельной графики.

Отметим на примерах трех разделов преподаваемой дисциплины рекомендуемые для использования программные приложения из коллекций [5]. Разделы выбраны специально – первый предполагает изучение в основном технических вопросов и физических основ теории цвета, второй и третий – математические и алгоритмические основы компьютерной графики.

Одна из начальных тем в компьютерной графике – цвет и цветовые модели. Из коллекции используются интерактивные модули визуализации различных цветовых моделей, выполнения преобразований между ними, в частности приложения: Colors of the Visible Spectrum; Overlapping Light Colors; Colored Lights; Named Colors; Select, View, and Compare Named Colors; Analogous and Complementary Colors; Newton's Color Wheel; Color Cube; Color Triangles; Color Space; Cartesian Color Coordinate Spaces; RGB and CMYK Colors; RGB Explorer; Orthogonal Views of Named RGB Colors; HSV Colors; HSV Loci in the RGB Color Space; CIE Chromaticity Diagram.

Модули, которые применяются при изучении раздела «Математические основы машинной графики»: Understanding 2D Translation; Understanding 2D Shearing; Understanding 2D Rotation; Understanding 2D Reflection; Understanding 2D Rescaling; 3D graphics modules: Understanding 3D Rotation; Understanding 3D Scaling; Understanding 3D Reflection; Understanding 3D Shearing; Two Models of Projective Geometry; Orthographic Projection of Parallelepipeds; Stereographic Projection of Platonic Solids; Cutoff Parallelepipeds.

При изучении раздела «Основы обработки цифровых изображений» применяются модули: Playing with Image Channels; Image Color Analyzer; Processing Various Parts of an Image Differently; Image Processing on Partitions; Interactive Color Posterization; Posterization of Grayscale Images; Morphological Processing; Morphological Operations; Image Sharpening; Image Quality Adjustment; Histogram Equalization; Image Smoothing Using Stationary Wavelet Transform; Image Compression via the Fourier Transform; Using Different Types of Filters; Image Kernels and Convolution (Linear Filtering); Nonlinear Image Filtering; Convolution Linear Filtering; Filtering Using Common Value; Filtering Images in the Frequency Domain; Nonlinear Image Filtering; Image Jitter Filter.

Перечисленные выше проекты вызываются на сайте [5], можно загрузить исходные коды NB или CDF-документы, а для доступа к нужному проекту достаточно в запросе поиска набрать тему или ключевое слово – гиперссылками с миниатюрами и названиями будут представлены все подходящие приложения. Во всех модулях визуализации в NB, CDF-документах кроме управления ползунками на панелях (геометрическими параметрами, цветами, прозрачностью выводимых объектов) пользователь может менять масштаб и ракурс просмотра. Т.к. доступны исходные коды, студентам предоставляются доработанные приложения, с использованием русскоязычной терминологии, оформления графики, как в базовых учебниках и пособиях.

О содержании и структурной организации электронных учебных материалов на примерах одной из тем дисциплины. Интерактивные электронные ресурсы при преподавании дисциплины используются на всех этапах: в лекциях, практических занятиях, контролируемой самостоятельной работе, текущем контроле знаний, в итоговой диагностике результатов учебной деятельности, которая выполняется в формате компьютерного тестирования. Отметим компоненты электронного учебно-методического комплекса на примере изучения тем «Геометрические преобразования в 2D и 3D. Матричное представление, композиция 3D преобразований».

На занятиях (лекция, практикум) студентам предоставляется один или несколько программных модулей CDF-фор-

мата. На рисунке 1 представлены иллюстрации одного из них, показаны 3 фрагмента окон модуля с секциями главного раздела «Однородные координаты», подраздела «Где применяются». Группы секций можно разворачивать / сворачивать кликом по окаймляющей]-кнопке или указателю \vee / \wedge слева от заголовка. С модулем можно работать в *Mathematica* или, используя CDF Player.

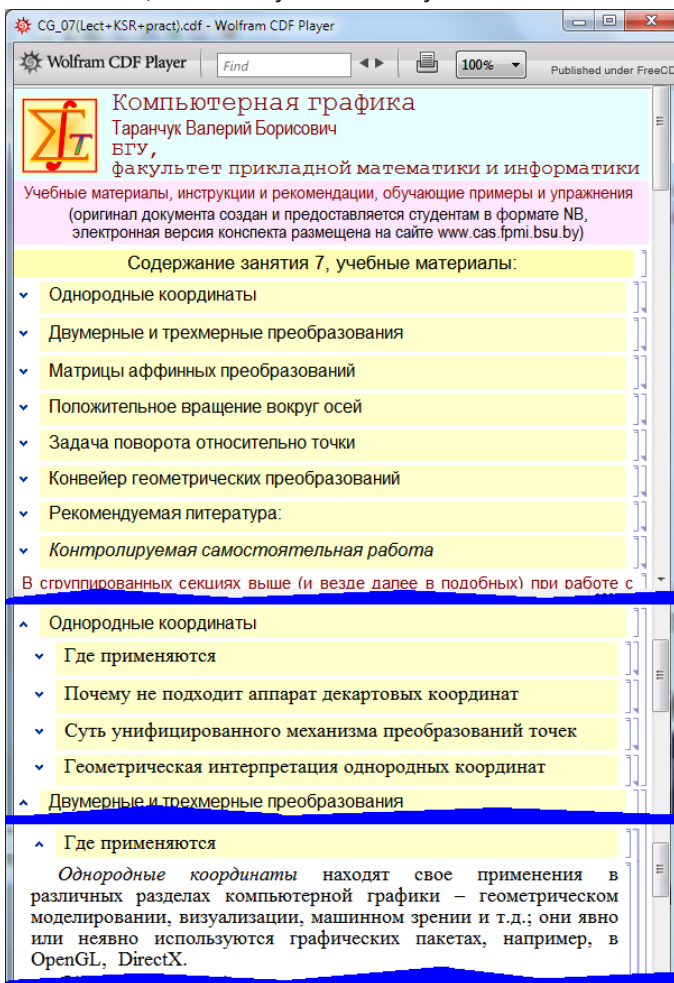


Рис. 1. Вид окон программного модуля, заголовки сгруппированных секций

Структура, содержание модуля – секции с изложением теории, ссылки на рекомендуемые учебники и пособия, формулировки заданий для выполнения. Все тексты, где есть формулы, записаны в математической нотации, их можно встроенными средствами экспортировать в rtf, pdf. Кроме секций с пояснениями есть секции для выполнения и получения результатов. В секциях для выполнения (секция In[7]:= на рисунке 2) можно запускать разные вычисления и преобразования, операции с матрицами, строить требуемые изображения. Работать с графикой можно интерактивно.

Функции (команды системы), как правило, записаны в секциях в виде упражнений, когда в заготовках можно менять значения, получать и просматривать результаты, комбинировать операции, конструировать выражения из предлагаемых шаблонов, сочетая стандартные арифметические операции, применение элементарных и более сложных функций. Результаты можно копировать в буфер, экспортировать и использовать в других приложениях.

На рисунках 2 и 3 показаны секции подразделов «Матрицы аффинных преобразований», «Сложение преобразований 3D».

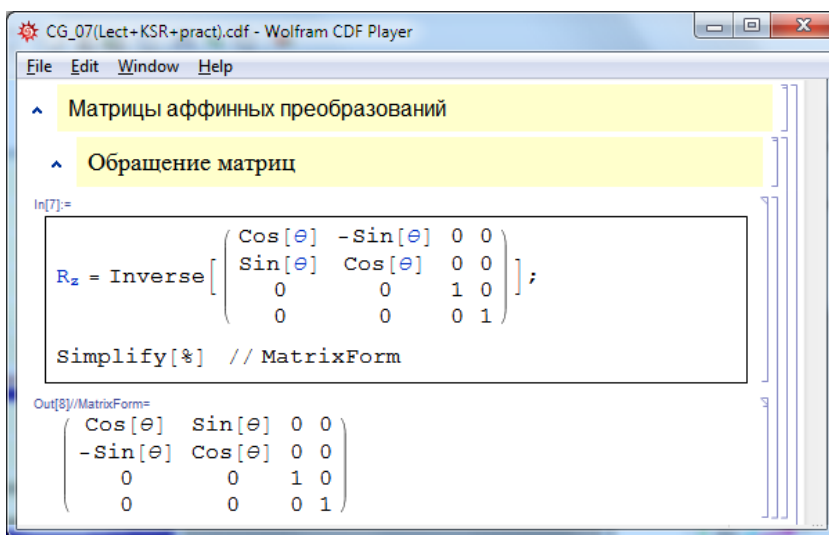


Рис. 2. Фрагмент окна блока «Матрицы аффинных преобразований»

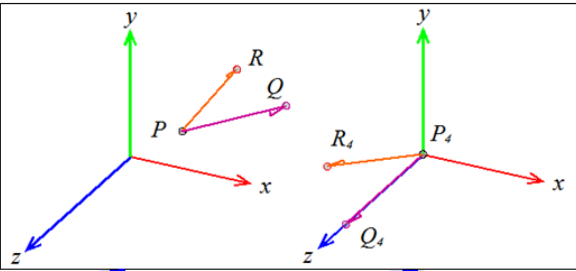
CG_07(Lect+KSR+pract).cdf - Wolfram CDF Player

File Edit Window Help

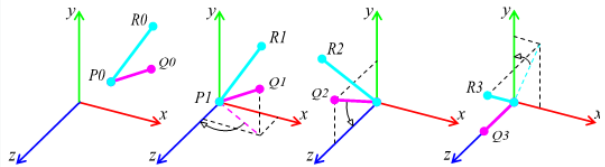
^ Сложение преобразований 3D

^ Постановка задачи

Рассмотрим задачу составления матрицы - результата преобразования 3D, обеспечивающего перемещение RPQ в $R_4 P_4 Q_4$ без изменения длин векторов; PR и PQ размещены в пространстве, точка P_4 должна быть в начале координат, вектор $P_4 Q_4$ нужно в итоге разместить на оси OZ , а вектор $P_4 R_4$ в плоскости YOZ .



^ Шаги решения стандартными преобразованиями



^ Контроль координат после преобразований

$$Q_3 = \left\{ 0, 0, \frac{(y_P - y_Q)^2 + \frac{(x_P^2 - 2x_P x_Q + x_Q^2 + (z_P - z_Q)^2)^2}{(p-q)^2 (x^2 + z^2)}}{\sqrt{(p-q)^2 (x^2 + y^2 + z^2)}}, 1 \right\}$$

Рис. 3. Фрагменты окон блока «Сложение преобразований 3D» с иллюстрациями шагов конвейера преобразований

На рисунке 2 даны иллюстрации выполнения функций системы *Mathematica*: *Inverse* – обращение матрицы, *Simplify* – упрощение выражения, *MatrixForm* – вывод элементов одномерного или двумерного массива (списка) в матричном формате.

Окна секций блока «Конвейер геометрических преобразований» с постановкой задачи «Сложение преобразований 3D» показаны на рисунке 3.

Рассматривается классическая задача получения итоговой матрицы преобразования. Решение состоит в выполнении 4-х шагов: перенос и 3 поворота вокруг координатных осей (эскизы на рисунке в секциях подраздела «Шаги решения стандартными преобразованиями»). Преобразования реализуются стандартными действиями применения соответствующих матриц. В модуле после каждого шага выводятся графики (исходный, результат), а также рассчитываются и выводятся координаты точек. Так, на рисунке 3 в секции «Контроль координат после преобразований» показаны результаты расчета координаты точки Q3. После иллюстрируемого шага преобразований точка должна оказаться на оси OZ – первые 2 координаты нулевые.

Кроме документа с теорией, пояснениями и иллюстрациями алгоритмов преобразований студентам в обсуждаемом блоке для освоения предлагается программный модуль `Understanding3DRotation+.cdf`, который адаптирован по оригиналу из каталога [5] (в проекте `Understanding3DRotation-author.nb` сделан перевод на русский, уточнены начальные ракурсы и масштаб просмотра, добавлены пояснения частей кода). Вид инструментов управления и пояснения составных частей сцены упомянутого демонстрационного проекта поясняются в работе «О программировании в системе *Mathematica* интерактивных графических приложений».

Заключение

Описанные в статье возможности и рекомендации применения системы *Mathematica*, формата вычисляемых документов CDF, модулей коллекции демонстрационных проектов компании Wolfram упрощают создание, расширяют границы свободного распространения электронных интерактивных образовательных ресурсов. Приведены перечни программных модулей, использование которых при преподавании значительно повысит степень усвоения материала.

Дополнительная информация доступна посетителям сайта кафедры компьютерных технологий и систем БГУ www.cas.fpmi.bsu.by, где можно ознакомиться с CDF-документами.

Литература

1. Таранчук, В.Б. Основные функции систем компьютерной алгебры: пособие для студентов факультета прикладной математики и информатики / В.Б. Таранчук. – Минск: БГУ, 2013. – 59 с.

2. Wolfram Mathematica. Наиболее полная система для современных технических вычислений в мире. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/mathematica>.

3. Формат вычисляемых документов CDF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/cdf/>.

4. Таранчук, В.Б. О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram / В.Б. Таранчук // Информатизация образования. – 2014. – № 1. – С. 78-89.

5. Wolfram Demonstrations Project. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://demonstrations.wolfram.com/>.

Статья поступила 03.03.2015

