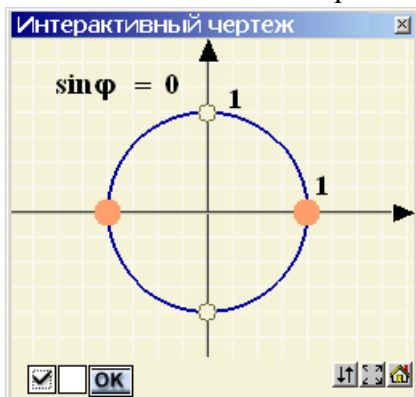


Помимо геометрических фигур существует возможность построения графиков



математических функций. Для графиков функций, так же, хранятся их точные математические описания (формулы), что позволяет изображать их с заданной точностью. Обеспечивается возможность сочетания в одной иллюстрации графиков функций и геометрических объектов, при этом геометрические объекты могут быть “привязаны” к точкам на графиках. На рисунке приведен пример графика функции, сгенерированного системой.

Интерактивность

Графическая компонента предоставляет обучаемому два вида работы с иллюстрацией – ее изучение и выбор некоторых объектов для ответа на поставленный вопрос. Ученику дается возможность вращения, сдвига и масштабирования иллюстрации для ее детального изучения с различных точек зрения, что особенно полезно при работе со стереометрическими чертежами.

Выбирать графические объекты для ответа можно из групп, заранее определенных методистом при создании чертежа. При выборе объекты выделяются толщиной и цветом линии, графическая компонента сравнивает их с эталонным ответом и сообщает обучающей системе о полноте и правильности ответа ученика. В настоящее время идет работа над тем, чтобы предоставить ученику с помощью заранее оговоренных инструментов возможность построений на чертеже с последующей проверкой их правильности.

Анимация

Анимация реализована с помощью системы эффектов, применяемых к примитивам иллюстрации (точкам, прямым, многогранникам и т.д.), и содержащих параметры их преобразования как функцию времени. Такой подход позволяет интерактивно редактировать содержание анимации, что является существенным отличием от простого “видеоролика”. Создание анимаций упрощается за счет наличия математических связей между примитивами сцены, что позволяет приводить в движение сложные конструкции, задавая параметры анимации только одной или нескольким точкам. Например, для деформации тетраэдра достаточно задать сдвиг одной из его вершин. При анимации графиков при необходимости используются их точные математические представления.

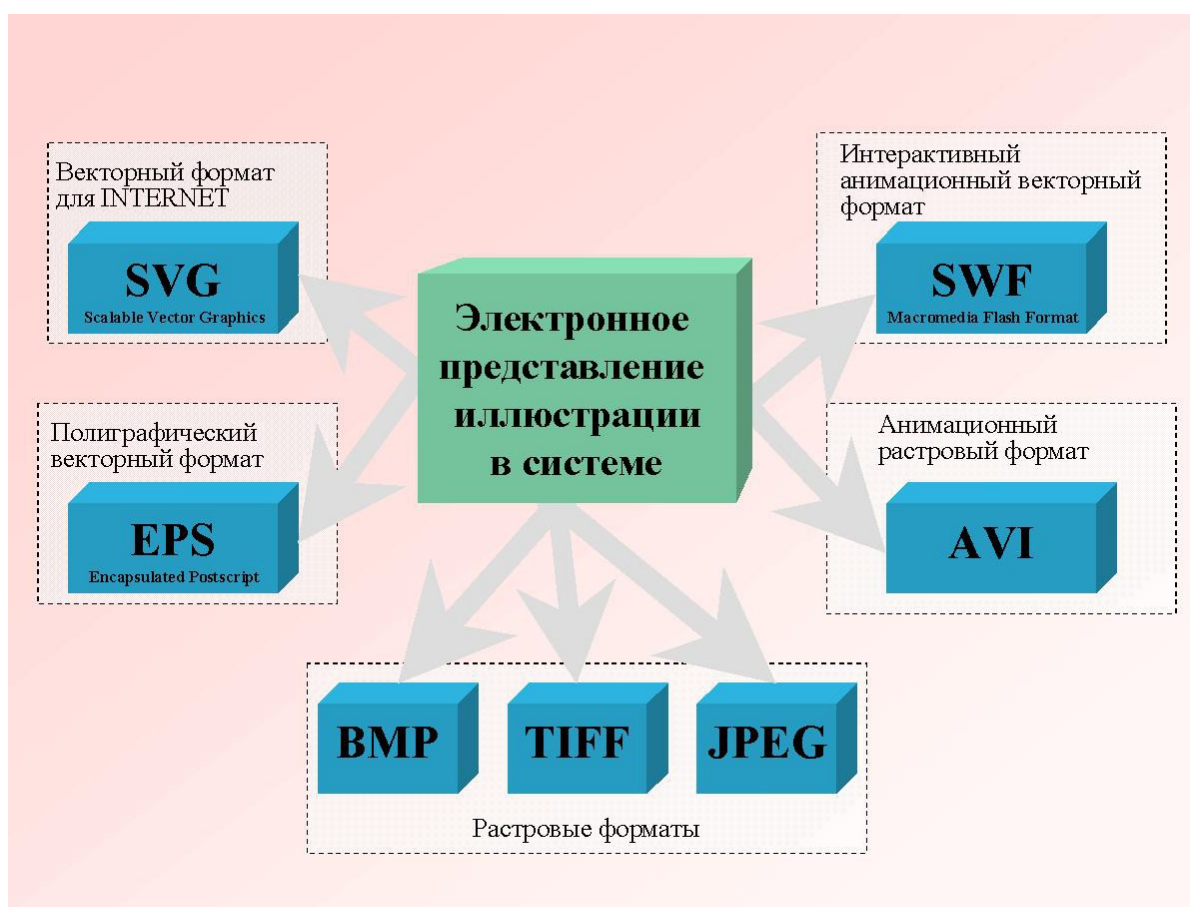
К основным анимационным эффектам относятся:

- поворот, сдвиг и масштабирование отдельных объектов или всей сцены в целом;
- появление и исчезновение объектов, в том числе отдельных граней, поверхностей и линий контура;

- постепенная прорисовка линий (конец линии движется по экрану, рисуя линию);
- постепенная закрашка граней;
- выделение объектов цветом, толщиной линии и/или миганием;
- плавная трансформация графика одной функции в график другой функции.

При просмотре в готовом электронном учебнике анимированное изображение создается “на лету” путем интерпретирования сценария анимации. В графической компоненте предусмотрена также возможность экспорта анимаций в формате AVI. Реализована компонента экспорта интерактивных анимаций в формате Macromedia Flash [1], удобном для их размещения в Internet.

Экспортные возможности графической компоненты иллюстрируются следующим рисунком.



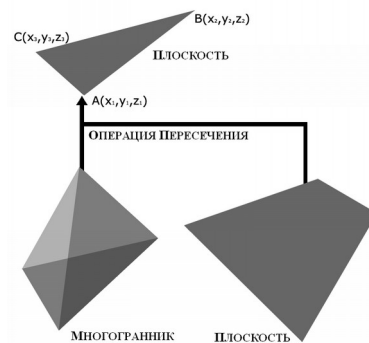
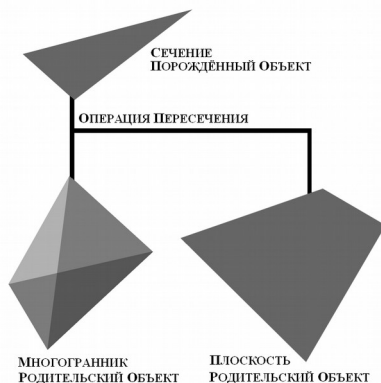
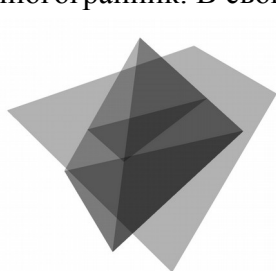
Автоматизация создания иллюстраций

Отличительной особенностью школьных пособий по математике является их насыщенность огромным количеством иллюстраций, поэтому задача их эффективного создания особенно важна с экономической точки зрения. Для быстрого и качественного создания иллюстраций авторами разработан специальный графический редактор. Автоматизация построения иллюстраций обеспечивается:

- значительным (более 60) числом легко создаваемых примитивов, наиболее часто используемых в школьной геометрии. Среди них – точки, прямые, плоскости, перпендикуляры,

точки пересечения дуг, правильные многогранники, призмы, пирамиды, сечения многогранников, классические тела вращения и их сечения, изображения формул, условные обозначения. Для построения произвольных криволинейных линий можно использовать кривые Безье;

-наличием связей родитель-потомок, обеспечивающих автоматическое перестроение зависимых объектов (потомков) при изменении положения управляющих объектов (родителей). Фактически чертеж представляет собой набор деревьев объектов. Например, для сечения многогранника плоскостью (рисунок слева) управляющими объектами будут плоскость и многогранник. В свою



очередь, плоскость, ребра и вершины

многоугольника сечения могут стать родителями других объектов. Такой подход (иллюстрируется рисунком посередине) обеспечивает удобство модификации чертежей по сравнению с непараметризованными моделями (рисунок справа);

-возможностью построения плоских чертежей на заданной плоскости стереометрического чертежа, например, на грани пирамиды;

-возможностью автоматического построения интерактивных графиков функций по заданным формулам и стилям;

-возможностью генерации графиков функций для иллюстрирования нескольких вариантов одной типовой задачи путем автоматической подстановки значений параметров в параметризованную формулу.

Реализация

Рассматриваемая графическая компонента является частью программно-методического комплекса автоматизированного обучения компании “Интерактивная линия”, разработанного под руководством доцента Московского авиационного института С.В. Станченко. Редактор иллюстраций реализован в виде отдельного выполняемого модуля, а воспроизводящая часть – в виде органа управления ActiveX. Операционная система – MS Windows.



Графическая компонента состоит из следующих основных частей:

- **Графическая сцена.** Модуль, отвечающий за текущее состояние сцены. Включает в себя хранилище входящих в нее объектов и математических соотношений между ними.
- **Компоновка**

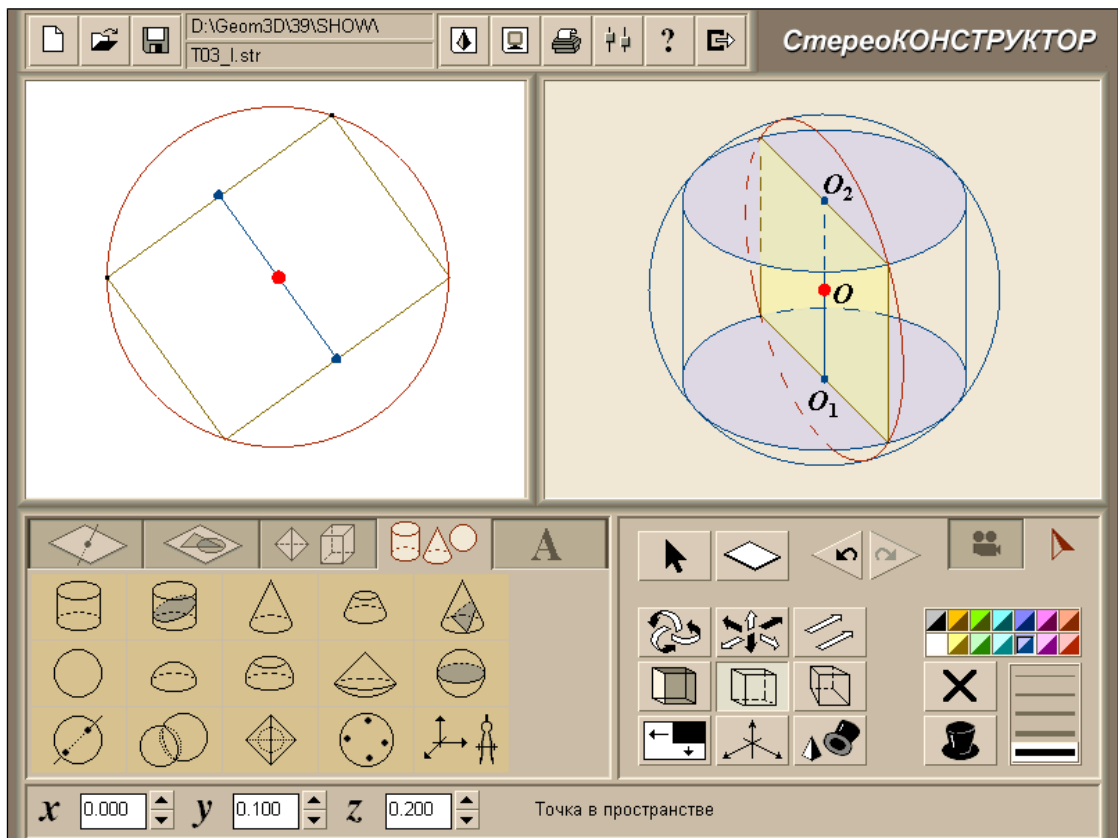
изображения. Модуль, отвечающий за создание изображения по объектам сцены. В данном модуле происходит отрисовка двумерных чертежей и формирование команд к подсистеме OpenGL [2] для трехмерной визуализации.

- **OpenGL.** Модуль отвечающий за прорисовку трехмерного графического изображения пользователю посредством библиотеки OpenGL.
- **Анимация.** Модуль, отвечающий за отображение интерактивной анимации. Включает в себя набор эффектов, применяемых к объектам сцены по заложенному преподавателем сценарию.
- **Внешнее хранилище.** Объектное хранилище, позволяющее сохранять как объекты сцены со связывающими их соотношениями, так и анимационные эффекты.

Программа написана на языке C++ в среде MS Visual C++ и обеспечивает взаимодействие объектов более чем трехсот классов, включая классы, реализующие органы управления.

Для ввода, изображения и вычисления математических формул, а также для работы с параметризованными графиками используются библиотеки, разработанные специалистом “Интерактивной линии” по символьным вычислениям М. А. Левинской [3].

На рисунке приведен пример окна редактора графической компоненты.



Практическое применение

Данная графическая компонента успешно применялась в электронном учебнике-справочнике “Стереометрия” [4] (несколько сотен чертежей), в электронной версии книги В.В. Ткачука “Математика – абитуриенту” [5] (около тысячи чертежей и графиков), при подготовке телевизионных уроков по геометрии и физике для системы “Телешкола” – более двух тысяч анимированных чертежей, при создании базы задач по алгебре – более ста параметризованных графиков. Графическая компонента успешно используется в дистанционной системе обучения “Новый класс” (www.intline.ru).

Вывод

Рассмотренная графическая компонента представляет собой эффективное средство подготовки и воспроизведения интерактивных анимированных иллюстраций, придающая новое качество компьютерным системам обучения математике.

Литература

1. Macromedia, Inc. Macromedia Flash file format. -<http://www.macromedia.com/software/flash> (4.11.02)
2. Silicon Graphics, Inc. -<http://www.opengl.org/developers/documentation/index.html> (4.11.02)
3. Левинская М.А. Система искусственного интеллекта для преобразования, сравнения и вычисления значений формул./ М.А. Левинская, В.Е. Зайцев //Новые информационные технологии. IX Междунар. студенч. научн. практ. конф., Судак. 2001: Тез. докл. с.388-390.

4. Станченко С. В., Хованский С.А. и др. Стереометрия. -М.: Cordis&Media , 2000. –123с.
5. Ткачук В.В. Математика для абитуриентов. -М.: МЦНМО, 2001. – 892с.
-

Сведения об авторах

Дзюба Дмитрий Владимирович, старший преподаватель кафедры вычислительной математики и программирования Московского авиационного института (государственного технического университета)
e-mail: dzuba@kavatina.ru

Крылов Сергей Сергеевич, доцент кафедры вычислительной математики и программирования Московского авиационного института (государственного технического университета), к.ф.-м.н.
e-mail: compgra@yandex.ru