

Компьютерная графика в учебном процессе Университета г.Переславля

Вячеслав Хачумов

Кафедра информационных систем

Институт программных систем - Университет г. Переславля им. А.К. Айламазяна, Переславль-Залесский, Россия
vmh@vmh.botik.ru

Аннотация

Обсуждается роль компьютерной графики в учебном процессе и научных исследованиях университета. Компьютерная графика рассматривается как интегрирующая дисциплина, способствующая творческому развитию студентов. Показано, что компьютерная графика играет существенную роль в иллюстрации учебных курсов, распознавании образов, визуальном анализе сложных данных. Приведены примеры моделирования студентами динамических объектов и визуализации когнитивных образов.

Ключевые слова: компьютерная графика, учебный процесс, графический образ, распознавание, моделирование, когнитивная графика, контроль и диагностика.

1. ВВЕДЕНИЕ

Компьютерная графика, ставшая самостоятельным научным направлением, проникает сегодня во все сферы интеллектуальной деятельности человека, включая: кино и телевидение, издательские системы, космос и авиация, медицина, экологический мониторинг, научные исследования и образование. Многие алгоритмы машинной графики названы по фамилиям авторов – алгоритмы отсечения Сазерленда, прямые Брезенхэма и Брассини, кривые Безье, поверхности Кунса, Цао Ена и т.д. Этот список постоянно пополняется новыми алгоритмами и именами.

Дисциплина «Компьютерная графика», читаемая в Институте программных систем – Университете г.Переславля (ИПС-УГП) базируется на положениях аналитической геометрии, алгебры, тригонометрии,

начертательной геометрии, информатики и выступает как интегрированная система знаний, позволяющая студентам лучше ориентироваться в проблемах окружающего мира. Основная задача дисциплины - ознакомление с ключевыми понятиями и методами машинной графики, освоение программистских приемов реализации алгоритмов компьютерной графики на персональном компьютере, изучение принципов организации работы с современными техническими средствами интерактивного взаимодействия, получение практических навыков в работе с графическими пакетами. Естественно, что данное направление учебного процесса вызывает повышенный интерес у студентов, а выпускники университета, овладевшие основами КГ и обработки изображений, востребованы на рынке труда.

2. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Практически все ВУЗы России используют компьютерную графику в образовательном процессе. Выпускается большое количество учебников, а в Интернете можно найти авторские учебные программы, лекционный материал, демонстрационные программы. Популярны электронные учебники Арбузова В.А., Шикина Е.В. и Борескова А.В., лекции Баяковского Ю.М. и др. авторов, в которых наряду с известными алгоритмами, приводятся и оригинальные решения, т.к. каждый автор предлагает свое видение задач КГ. Целью курса "Компьютерная графика", читаемого в ИПС-УГП, является, прежде всего, знакомство с математическими основами КГ. При этом от студентов требуется творческий подход. Так, например,

в разделе «Построение кривых» предлагается решить задачу построения интерполирующей кривой Безье (проходящей через заданные точки), а также построить параметрический полином Лагранжа. Для точного прохождения четырех точечной кривой Безье через точки $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ необходимо заменить точки $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ на точки $(x_1^*, y_1^*), (x_2^*, y_2^*)$. Кривая Безье описывается в этом случае уравнениями:

$$x(t) = x_0(1-t)^3 + x_1^*3t(1-t)^2 + x_2^*3t^2(1-t) + x_3t^3,$$

$$y(t) = y_0(1-t)^3 + y_1^*3t(1-t)^2 + y_2^*3t^2(1-t) + y_3t^3.$$

Пусть при $t = t_1$, имеет место $x(t_1) = x_1, y(t_1) = y_1$, а при $t = t_2$ $x(t_2) = x_2, y(t_2) = y_2$. Отсюда следует:

$$x_1^* = \frac{x_1 - x_0(1-t_1)^3 - x_3t_1^3}{3t_1(1-t_1)^2} - \frac{x_2^*t_1}{1-t_1}, x_2^* = \frac{A_x}{B},$$

где:

$$A_x = x_2 - x_0(1-t_2)^3 - \frac{(x_1 - x_0(1-t_1)^3 - x_3t_1^3)t_2(1-t_2)^2}{t_1(1-t_1)^2} - x_3t_2^3,$$

$$B = 3t_2^2(1-t_2) - \frac{3t_1t_2(1-t_2)^2}{1-t_1}.$$

Расчетные формулы для величин y_1^*, y_2^* аналогичны. Для определения значений t_1, t_2 воспользуемся следующим приближенным методом. В качестве промежуточного параметра будем использовать длину вдоль ломаной, образуемой отрезками, соединяющими последовательно точки $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ в порядке их нумерации. Положим $D = d_1 + d_2 + d_3$, где $d_i, i = (1,2,3)$ - расстояние между точками с координатами $(x_{i-1}, y_{i-1}), (x_i, y_i)$. Тогда приближенно можно записать: $t_1 = d_1 / D, t_2 = (d_1 + d_2) / D$. Таким образом, все параметры, необходимые для расчета $(x_1^*, y_1^*), (x_2^*, y_2^*)$ оказываются определенными. Аналогичный подход можно применить и к n -точечной кривой. Пример построения

замкнутых пятиточечных кривых Безье (обычной и интерполирующей с дополнительным условием совпадения значений производных в точках $(x_0, y_0), (x_3, y_3)$) показан на Рис.1.

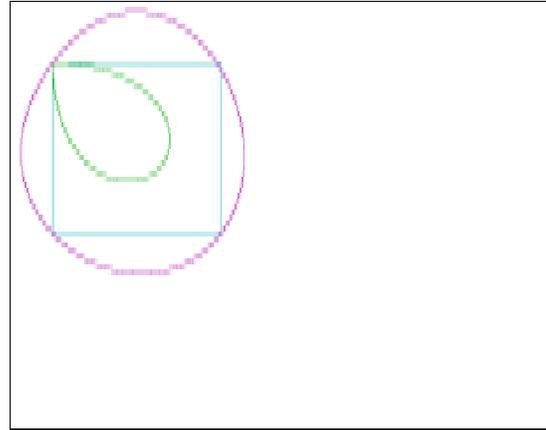


Рис.1.

Полином Лагранжа обычно используют для прорисовки незамкнутых кривых. Однако, для САПР машиностроения характерны замкнутые кривые. Для решения данной задачи предлагается параметрический полином Лагранжа вида:

$$L_n(x) = x_0 \frac{(t-t_1)(t-t_2)...(t-t_n)}{(t_0-t_1)(t_0-t_2)...(t_0-t_n)} +$$

$$x_1 \frac{(t-t_0)(t-t_2)...(t-t_n)}{(t_1-t_0)(t_1-t_2)...(t_1-t_n)} + \dots +$$

$$x_n \frac{(t-t_1)(t-t_2)...(t-t_{n-1})}{(t_n-t_0)(t_n-t_1)...(t_n-t_{n-1})}.$$

Для $L_n(y)$ имеем аналогичное представление. Здесь $t_i, i = 0,1,...,n$ - значение параметра t в узловой точке (x_i, y_i) , причем $t_0 = 0, t_n = 1$. Для определения значений параметра t в промежуточных узлах можно использовать подход, аналогичный рассмотренному ранее для кривой Безье, т.е. следует выбирать t_i пропорционально длине ломаной кривой проходящей из начальной точки в конечную через промежуточные. На рис.2 показана

технологическая поверхность камеры сгорания дизельного двигателя, построенная с помощью параметрического кубического сплайна Эрмита и учета распределения яркости по глубине.

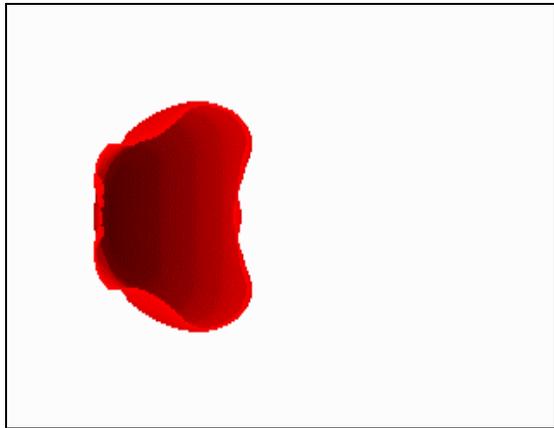


Рис.2

В ИПС-УГП графика, в той или иной степени используется в различных учебных курсах, включая «Алгоритмы и структуры данных», «Математические основы обработки сигналов», «Моделирование вычислительных систем» и др. Здесь, прежде всего, она выступает в роли иллюстративной графики, способствуя лучшему пониманию процессов. Так, например, представляет интерес графическая интерпретация решений оптимизационных задач на графах, включая поиск кратчайших путей, решение задачи коммивояжера и т.д. Полезно для учебных целей визуально наблюдать процессы приближенного нахождения решений нелинейных уравнений, диаграммы совмещения работ в расписаниях вычислительных устройств и т.д. Компьютерная графика требует творческого подхода к использованию ранее полученного комплекса знаний. Созданные студентами программы аккумулируются и могут быть использованы в качестве инструментов для дальнейшей работы. Цель каждой последующей модификации – улучшение имеющегося графического инструмента, или его использование для решения более сложных задач.

3. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Научный аспект КГ связан с моделированием динамических процессов, диагностикой и распознаванием образов. Обнаружение и распознавание локальных объектов на телевизионном и видео - изображениях является важным элементом многих автоматизированных систем анализа информации и выработки управляющих решений. Изменяющееся во времени изображение после аналого-цифрового преобразования представляется в виде растровых кадров, над которыми производится компьютерная обработка. Здесь могут возникнуть актуальные задачи, решаемые средствами КГ. Одна из них связана с измерением в реальном времени параметров (углы положения, геометрические размеры, скорость перемещения и т.д.) известного трехмерного объекта, по потоку видео-кадров его изображения с использованием имитационной модели. Ее решение необходимо для безопасного сближения подвижных объектов, например, при стыковке космических аппаратов. Для решения задачи применяют методы двумерного и трехмерного геометрического моделирования. Так, например, студентами ИПС-УГП были построены геометрические модели стыковочного узла орбитальной станции и разработан корреляционный метод настройки модели на объект. Метод заключается в поиске значений параметров, при которых модельное и реальное изображение объекта максимально совпадают. Другая задача связана с контролем исправности бортовых датчиков.

На рис.3. показана трехмерная модель КА, к которой в ходе эксперимента подключался поток реальных телеметрических данных (углы ориентации, положение, скорость движения). По визуальному наблюдению поведения модели КА легко отслеживались характер и время сбоя датчиков. Здесь уместно уточнить, что алгоритмы обработки изображений и методы распознавания

графических образов изучаются в рамках курса «Математические основы обработки сигналов».

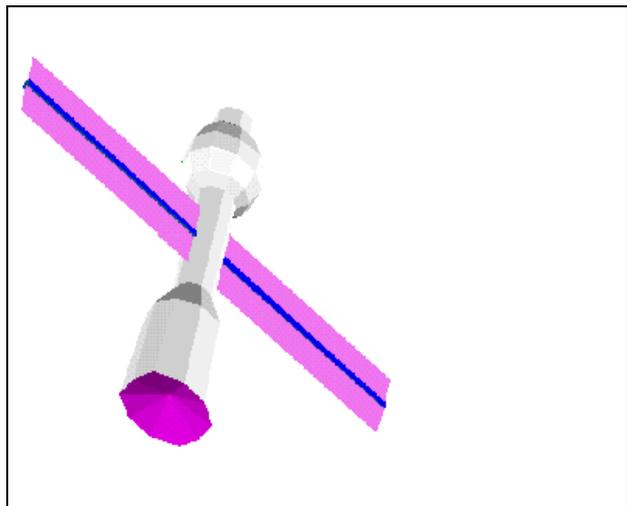


Рис.3.

В дипломных проектах студентами ИПС-УГП решаются задачи распознавания полутоновых изображений с использованием нейронных сетей и привлечением отечественного суперкомпьютера «СКИФ». Одна из практических студенческих работ связана с автоматизированным определением параметров контурных изображений для решения задачи оптимального подбора линз к оправам. Знание математических основ КГ и обработки изображений позволяют студентам успешно вести работы в области Web – дизайна.

4. КОГНИТИВНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

В настоящее время возрос интерес к методам обработки информации, использующим уникальные возможности человека воспринимать и анализировать абстрактные изображения. Когнитивные (способствующие познанию) графические образы являются инструментальным средством исследования различных областей. Известно, что основную информацию несет контур. Простые контурные представления используются для описания различных многомерных структур данных. При большой размерности используются интегральные контурные

представления. Задачей человека-оператора является обучение распознаванию ситуации на основе полученных образов. Образное графическое представление информации о решаемой задаче или управляемом объекте является наиболее эффективным по выразительности и по времени восприятия. Это преимущество важно для контроля и управления сложными и критическими по времени процессами. Как правило, контроль осуществляется посредством анализа состояний множества устройств объекта и обнаружения отклонений. Задача диагностики состоит в установлении причин возможных отказов элементов, агрегатов и системы в целом. Чтобы определить условия перехода системы из штатной ситуации (ШС) в нештатную ситуацию (НШС) или аварийную, должны быть разработаны способы логико-временного описания ситуаций. Следующим этапом работы является визуализация ШС и НШС. ЭВМ производит преобразование контролируемых данных в контурные, цветояркие и другие когнитивные представления, которые помогают человеку выявить информативные признаки и установить классы неисправностей. В рамках данного направления студентами ИПС-УГП рассматривалась задача контроля и диагностики сложного динамического объекта космического назначения [1]. Студентами был разработан обобщенный динамический образ, отражающий состояние объекта в целом (рис.4). Каждый сектор образа соответствует отдельному процессу.

- 1 Поддержание избыточного давления в баках
- 2 Зарядка бортовых баллонов газами
- 3 Подача управляющего давления
- 4 Охлаждение баков окислителя БДУ ЦДУ
- 5 Заправка баков окислителя БДУ ЦДУ
- 6 Заправка изделия горючим
- 7 Подача воздуха и продувка
- 8 Заправка БДУ жидким азотом
- 9 Заправка БДУ перокси джм водорода
- 10 Подготовка к команде "Пуск"
- 11 Зеня - Борт
- 12 Подготовка к команде "Зажигание МД ЦДУ"
- 13 Зажигание МД ЦДУ
- 14 Подготовка к команде "Главная ступень тяги"
- 15 Контакт поддона
- 16 Разделение I
- 17 Выключение БДУ
- 18 Сброс оставшегося гелия
- 19 Выключение ЦДУ
- 20 Разделение II

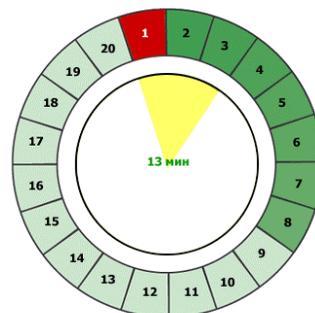


Рис.4

Неактивные процессы отображаются приглушенным (зеленым) цветом, а активные – ярким. Нештатный процесс отображается ярко-красным цветом. Для диагностики отдельного процесса используются комбинированные образы (рис.5).

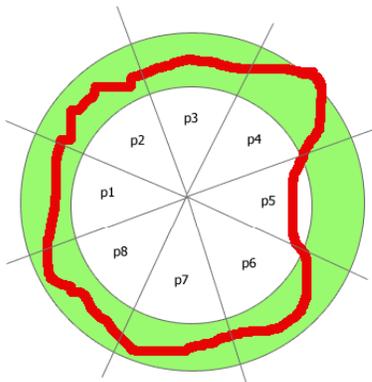


Рис.5

Текущее состояние отображается жирной линией, которая, в случае штатной ситуации лежит в пределах ограничивающих колец. Исходными данными для контроля служат циклограммы, описывающие этапы функционирования объекта с привязкой к реальному масштабу времени. Графические средства позволяют обеспечить тот уровень информированности, который необходим для принятия решений.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преподавание КГ в университете должно быть тесно связано с реальными научными проектами. Научно-исследовательской работой с применением алгоритмов КГ студенты ИПС-УГП активно занимаются в рамках проектов РФФИ и бюджетных работ базового предприятия – Института программных систем РАН. Полученные результаты находят отражение в курсовых, и дипломных работах. К преподаванию спецкурсов активно привлекаются ведущие ученые России. Так методы моделирования объектов космического назначения в рамках соответствующего спецкурса были почитаны студентам зав. лабораторией Института

проблем управления РАН проф. Е.И.Артамоновым, конструктором системы автоматизированного проектирования «Графика-81» и ее последующих версий. Вопросы когнитивной графики рассматривались космонавтом-исследователем, главным научным сотрудником РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина, проф. М.Н.Бурдаевым [2]. Для космической отрасли Бурдаевым М.Н. был создан язык, состоящий из абстрактных символов, помогающий оператору быстро воспринимать большой объем технической информации, проводить изучение, анализ и оптимизацию. Новое направление, получившее название «космическая информатика», освещается в рамках спецкурса, читаемого в ИПС-УГП.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты N 03-01-00808, N 02-01-00308).

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Хачумов В.М., Ксенофонтова Е.В. *Образный анализ и диагностика сложных процессов.*// Доклады 11-й Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов». – М., 2003, с.201-204.

[2] Burdaev M., Osipov G., Khachumov V. *Graphical Methods of Control for Safe Spacecraft Docking.* –Workshop Proceedings of the 6-th German-Russian Workshop "Pattern Recognition and Image Understanding" (August, 25-23,2003, Katun village, Altai Region, Russian Federation, OGRW-6-2003). - Novosibirsk, Russian Federation, 2003, pp.141-144.

Об авторе

Вячеслав Хачумов - зав.лабораторией Института программных систем РАН, профессор Института программных систем – Университета г.Переславля. Кафедра информационных систем. Контактный адрес: vmh@vmh.botik.ru.