

Компьютерное моделирование объектов Солнечной Системы

Автор:

ЗУЕВ Михаил Сергеевич

Иркутская область, г. Иркутск

МБОУДОД «Центр детского технического творчества» г.

Иркутска, МБОУ г. Иркутска СОШ №55, 7 класс

Научные руководители: Рейнгольд Григорий Борисович, педагог дополнительного образования в.к.к., МБОУДОД ЦДТТ г. Иркутска, педагог-новатор программы «Шаг в будущее»; Боброва Мария Александровна, учитель информатики, МБОУ г. Иркутска СОШ № 55

Научный консультант: Полякова Анна Сергеевна, младший научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики СО РАН

Оглавление

Аннотация	3
Введение	4
Основная часть	6
Заключение	16
Список литературы	16

Аннотация

В советской школе был такой предмет, как астрономия, и он сохранялся в школах новой России до 2008 г. **Целью** данной проектной работы является создание программы для компьютерного 3D-моделирования объектов Солнечной Системы, что позволило бы хоть в какой-то степени ликвидировать пробелы в астрономическом образовании школьников.

Объект: компьютерное 3D-моделирование.

Предмет: компьютерное моделирование объектов Солнечной Системы.

В данной работе предполагается:

1. Изучить теоретические аспекты строения Солнечной системы.
2. Ознакомиться с математическими основами трёхмерной графики.

Рассмотреть существующие географические проекции и выбрать наиболее подходящую для преобразования плоских изображений в трёхмерные.

3. Найти плоские карты планет и спутников солнечной системы, составить базу карт, привести данные к единым параметрам.

4. Найти программные средства, необходимые для создания работоспособной программы и изучить их возможности.

5. Наконец, предполагается создание работоспособной компьютерной программы для полноценного моделирования объектов Солнечной системы, пригодной для использования в образовательном процессе.

Список литературы:

1. <http://www.infokart.ru/model-zemli-globus/>
2. <http://geographyofrussia.com/globus-i-karta/>
3. <http://www.jip.ru/2014/242-255-2014.pdf>

Страниц — 16, рисунков — 8, приложение — текст программы и 4 плаката.

Введение

XXI век – век ускоренного развития электронных технологий. Персональные компьютеры, впервые появившиеся в 1980-х годах, в 90-х начали бурно совершенствоваться и популяризоваться.

Вследствие этого, началась постепенно ускоряющаяся компьютеризация большинства наиболее важных аспектов жизни граждан РФ, в том числе образования. Один из наиболее важных типов компьютерных разработок – трёхмерное моделирование. Компьютер способен не просто изобразить объекты, но и вывести их под нужным ракурсом, в нужном масштабе, симитировать их поведение.

В советских школах был такой предмет, как астрономия, и он сохранялся в школах новой России до 2008 г., когда был убран из программы. Целью данной проектной работы является создание программы для компьютерного 3D-моделирования объектов Солнечной Системы, что позволило бы хоть в какой-то степени ликвидировать пробелы в астрономическом образовании школьников.

Цель: провести необходимые исследования и создать программу для компьютерного 3D-моделирования объектов Солнечной Системы, пригодную для использования в образовательном процессе.

Объект: компьютерное 3D-моделирование.

Предмет: компьютерное моделирование объектов Солнечной Системы.

В данной работе предполагается:

1. Изучить теоретические аспекты строения Солнечной системы.
2. Ознакомиться с математическими основами трёхмерной графики в объёме, необходимом для создания моделирующей компьютерной программы. Проанализировать существующие географические проекции и

выбрать наиболее подходящую для преобразования плоских изображений в трехмерные.

3. Найти плоские карты планет и спутников солнечной системы, составить базу карт, привести данные к единым параметрам.

4. Найти программные средства, необходимые для создания работоспособной программы и изучить их возможности.

5. Наконец, предполагается создание работоспособной компьютерной программы, пригодной для полноценного моделирования объектов Солнечной системы, пригодной для использования в образовательном процессе.

Таким образом, данная работа разделена на теоретическую и практическую часть.

I. Теория

I.1. Солнечная Система

I.2. Системы трёхмерного моделирования

II. Практика

II.1. Язык программирования Microsoft Visual Basic 6.0

II.2. План работы над программой

II.3. Краткий алгоритм работы

II.4. Управление планетой

II.5. Вращение планет

Основная часть

I. Теория

I.1. Солнечная Система

I.1.1. Характеристика Солнечной Системы

Солнечная система - планетная система, включающая в себя центральную звезду - Солнце - и все естественные космические объекты, обращающиеся вокруг него.

Большая часть массы объектов Солнечной системы приходится на Солнце; остальная часть содержится в восьми относительно уединённых планетах, имеющих почти круговые орбиты и располагающихся в пределах почти плоского диска — плоскости эклиптики.

Четыре меньшие внутренние планеты — Меркурий, Венера, Земля и Марс (также называемые планетами земной группы) — состоят в основном из силикатов и металлов. Четыре внешние планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун (также называемые газовыми гигантами) — намного более массивны, чем планеты земной группы. Крупнейшие планеты Солнечной системы, Юпитер и Сатурн, состоят главным образом из водорода и гелия; внешние, меньшие Уран и Нептун, помимо водорода и гелия, содержат в составе своих атмосфер метан и угарный газ. Наиболее дальняя планета — Плутон, он состоит в основном из горных пород и льда. Семь планет из девяти и две карликовые планеты имеют естественные спутники.

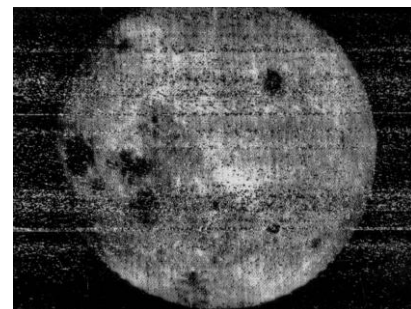
В Солнечной системе существуют две области, заполненные малыми телами. Пояс астероидов, находящийся между Марсом и Юпитером, сходен по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов. За орбитой Нептуна располагаются транснептуновые объекты, состоящие из замёрзшей воды, аммиака и метана, крупнейшими из которых являются Седна, Хаумеа, Макемаке, Кварвар, Орк и Эрида. В Солнечной системе существуют и другие популяции малых тел, такие как планетные

квазиспутники и троянцы, околоземные астероиды, кентавры, дамоклоиды, а также перемещающиеся по системе кометы, метеороиды и космическая пыль.

Солнечная система входит в состав галактики Млечный Путь.

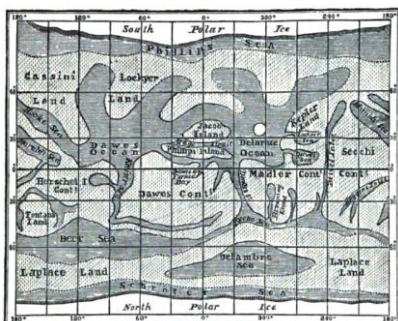
I.1.2. Исследование поверхности объектов Солнечной Системы

Серьёзное исследование поверхностей объектов Солнечной Системы начал Джовани Риччоли в 1651 году, составивший первую лунную карту и предложивший называть тёмные области “морями”.



Обратная сторона Луны,

Первые фотографии обратной стороны Луны были получены советским аппаратом “Луна-3”, более чёткие – советским же “Зонд-3”. На основе этих снимков уже возможно было составить полноценную карту Луны.



Карта Марса, Ричард Проктор (Англия, 1905)

Первые полные карты Марса были созданы гораздо раньше, в 1830-м году, немецкими астрономами Иоганном Генрихом фон Медлером и Вильгельмом Беером. Это вызвано в первую очередь тем, что Марс является самостоятельной планетой и, в отличие от Луны, не синхронизирован к Земле, что позволяет наблюдать его со всех сторон.

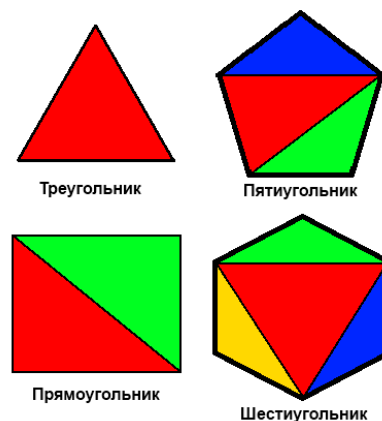
В XX веке, во время подъёма космонавтики, Соединёнными Штатами были запущены космические аппараты «Маринер-10» (1973), «Вояджер-1» и

«Вояджер-2» (оба - 1977), сфотографировавшие поверхности других планет Солнечной Системы.

I.2. Системы трёхмерного моделирования

I.2.1. Полигональное моделирование

Полигональное моделирование- метод описания трёхмерных объектов, при котором любой объект формируется из треугольников. Основан на утверждении, что любую плоскую фигуру, кроме полукруга и эллипса, возможно условно “разбить” на треугольники.



При моделировании округлых объектов (цилиндров, шаров и т.д.), окружность изображается вписанным многоугольником.

Этот метод чаще всего используется в современном компьютерном моделировании, так как он довольно прост в реализации и не очень требователен к ресурсам компьютера.

I.2.2. Open Graphics Library

OpenGL – программное обеспечение, набор дополнительных функций, необходимых для работы над трёхмерными объектами. Создан в 1992 году компанией Silicon Graphics (США).

OpenGL ориентируется на следующие две задачи:

- скрыть сложности адаптации различных 3D-ускорителей, предоставляя разработчику единый API.
- скрыть различия в возможностях аппаратных платформ, требуя реализации недостающей функциональности с помощью программной эмуляции.

Основным принципом работы OpenGL является получение наборов векторных графических примитивов в виде точек, линий и многоугольников с последующей математической обработкой полученных данных и построением растровой картинке на экране и/или в памяти. Векторные трансформации и растеризация выполняются графическим конвейером (graphics pipeline), который по сути представляет собой дискретный автомат. Абсолютное большинство команд OpenGL попадают в одну из двух групп: либо они добавляют графические примитивы на вход в конвейер, либо конфигурируют конвейер на различное исполнение трансформаций.

I.2.3. Microsoft DirectX

Microsoft DirectX (от англ. direct - прямо, напрямую) — это набор дополнительных функций, разработанных для решения задач, связанных с программированием графики под Microsoft Windows. Наиболее широко используется при написании компьютерных игр. Пакет средств разработки DirectX под Microsoft Windows бесплатно доступен на сайте Microsoft.

Изначально нацеленный на разработку видеоигр, DirectX стал популярен и в других областях разработки программного обеспечения. К примеру, DirectX, наряду с OpenGL, получил очень широкое распространение в инженерном и математическом ПО.

В 1994 году Microsoft была практически готова выпустить следующую версию Windows — Windows 95. Главным фактором, определяющим, насколько популярна будет новая ОС, являлся набор программ, которые можно будет запускать под её управлением. В Microsoft пришли к выводу, что, пока разработчики видят MS-DOS более подходящей для написания игровых приложений, успех новой ОС весьма сомнителен.

MS-DOS позволяла разработчику получить прямой доступ к видеокарте, клавиатуре/мышь/джойстику и прочим частям системы, в то время как Windows 95, с её защищённой моделью памяти, предоставляла более

стандартизованный, но в то же время весьма ограниченный и накладный доступ к устройствам. Microsoft нуждалась в новом способе дать разработчику всё, что ему необходимо. Айслер (Eisler), Сэйт Джон (St. John), и Энгстром (Engstrom) решили эту проблему, назвав само решение DirectX.

Первый релиз DirectX был выпущен в сентябре 1995 года, под названием «Windows Game SDK».

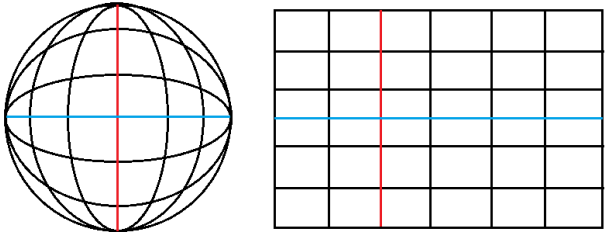
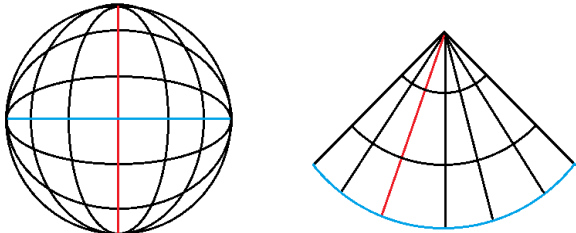
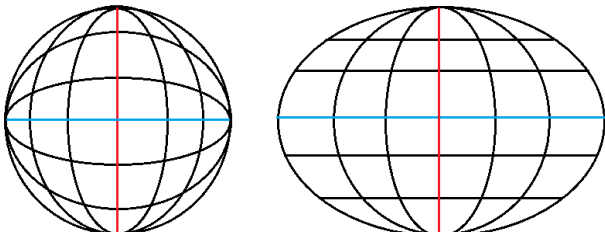
1.3. От карты к глобусу.

Большинство географических карт выполнены в искажённом плоском виде. Искажение тем больше, чем больше изображённая территория. Предел искажённости — Карта Мира. Однако, как мы все знаем, все крупные космические объекты, включая нашу Землю, являются шарами. Поэтому автору стало интересно, как производится перевод изображения из шарообразного вида в плоский и — тем более — как произвести обратный перевод.

1.3.1. Географические проекции

Перенос изображений на плоскость производится с помощью *географических проекций*. Если говорить кратко, географическая проекция отражает зависимость местоположения точки на плоскости от её местоположения в трёхмерном пространстве. При этом, разумеется, создаются искажения.

Географических проекций можно создать огромное количество, но наиболее известные из них описаны ниже.

	<p>Цилиндрическая проекция</p> <p>Самая известная на сегодняшний день географическая проекция. Заключается в том, что меридианы и параллели находятся друг к другу под прямым углом.</p>
	<p>Круговая проекция</p> <p>Меридианы представляют собой окружность или её часть. В качестве примера можно привести эмблему ООН.</p>
	<p>Коническая проекция</p> <p>В целом напоминает цилиндрическую, однако параллели представляют собой дуги, сходящиеся к полюсам. Даёт наименьшее искажение.</p>

В данной работе мы рассмотрим цилиндрическую проекцию, так как она встречается гораздо чаще остальных. Так, в глобальной сети Интернет можно скачать плоские карты планет солнечной системы.

1.3.2. Формулы перевода из двухмерного в трёхмерное

Плоская карта разбивается на квадраты (80 по ширине и 60 по высоте). Для каждого угла отдельного квадрата вычисляются его координаты на шаре, в результате квадрат преобразуется в трапецию с размерами сторон

сообразно его положению. (Пиксели внутри квадрата выводятся на экран в соответствии с коэффициентом искажения трапеции). В результате состыковки трапеций образуется сферическое изображение.

Как известно, точка в трёхмерном пространстве имеет три координаты (x, y, z), а точка на плоскости – две координаты (x, y). Это затрудняет перевод изображения из двухмерного пространства в трёхмерное. Однако, автором были выведены определённые формулы:

$$X_3 = \cos(360 / 80 * X_2) * \sin(180 / 60 * Y_2) + X_{3c}$$

$$Y_3 = \sin(360 / 80 * X_2) * \sin(180 / 60 * Y_2) + Y_{3c}$$

$$Z_3 = -\cos(180 / 60 * Y_2) + Z_{3c},$$

где X_2 и Y_2 – координаты точки на плоскости, X_3 , Y_3 и Z_3 – координаты соответствующей точки в пространстве, X_{3c} , Y_{3c} и Z_{3c} – координаты центра шара.

Объясним их значение. В пространстве условно выделяются две плоскости – **горизонтальная** и **вертикальная**.

На горизонтальной плоскости с помощью координаты X_2 определяется положение вертикальной плоскости, после чего вычисляются координаты X_3 , Y_3 и Z_3 .

Элементы формулы $\cos(360 / 80 * X_2)$ и $\sin(360 / 80 * X_2)$ определяют положение точки при проекции на цилиндр, а элементы $\sin(180 / 60 * Y_2)$ и $-\cos(180 / 60 * Y_2)$ создают искажение до формы шара (рис. 1).

I.4. Выводы

Достижения науки и техники, совершённые человеком, позволяют получить достаточно точные фотографические карты планет Солнечной Системы. Их сравнительно легко можно найти на ресурсах сети Интернет.

Среди множества систем компьютерного 3D-моделирования наиболее известными являются Microsoft DirectX и Open Graphics Library. Обе основаны на полигональном моделировании и распространяются в бесплатном доступе.

Для выполнения проектной работы была выбрана система MS DirectX версии 8.0, так как она довольно проста в использовании и гораздо быстрее OpenGL в работе.

II. Практика

II.1. Язык программирования Microsoft Visual Basic 6.0

Microsoft Visual Basic 6.0 (также называемый VB 98) – язык программирования, созданный корпорацией Microsoft для программирования под ОС Windows 98/NT и более поздние версии. Главным достоинством является то, что в отличие от своих предшественников (VB 4.0 и VB 5.0) обладает полноценным компилятором, в то время как в них программный код интерпретировался. Язык является некоторой промежуточной стадией между линейным и объектно-ориентированным программированием. Вместе с тем, язык встроен в графический интерфейс, т.е. для программирования используется только одна среда (на рис.). Впрочем, она довольно неплоха, во всяком случае, жаловаться не на что.

Visual Basic – прямой «потомок» языка BASIC, созданного в 1964 году профессорами Дартмутского колледжа Томасом Курцем и Джоном Кемени. Несмотря на изобилие команд, появившихся для использования объектно-ориентированного программирования и особых способностей ОС Windows, Visual Basic фактически сохранил его языковую структуру, хотя и изменил основы построения программы.

II.2. План работы над программой

1. Составить основу программного кода преобразования 2D в 3D проекцию.

2. Привязать к объектам карты рельефа местности.
3. Организовать вращение объектов, сопоставив их относительные скорости вращения.
4. Дать возможность вращения планеты с помощью мышки.
5. Масштабирование изображения трехмерных объектов (клавиатура).

II.3. Краткий алгоритм работы

1. Загрузка данных о планетах в память (скорость вращения, название и т.д.)
2. Выбор и активация устройства и способа вывода
3. Загрузка плоских карт из файлов в массивы
4. Вычисление по формулам преобразованных координат квадратов
5. Создание массива трёхмерных точек и его заполнение результатами пункта 4
6. Перемещение и поворот объекта
7. Создание перспективы и выбор направления взгляда
8. Выбор используемого массива с картой
9. Рисование предварительного изображения в памяти
10. Вывод результатов на экран

II.4. Управление планетой

Для наиболее наглядного показа необходимо, чтобы пользователь мог свободно перемещать полюса вращения изображения, а также вращать объект вокруг оси. Для этого были использованы клавиатура и манипулятор типа «мышь». В Visual Basic 6 имеются встроенные возможности для считывания данных с мыши и клавиатуры.

После нажатия на кнопку мыши или клавишу клавиатуры VB автоматически запускает определенный фрагмент кода. Затем осуществляется переход к нужной части кода в зависимости от нажатой кнопки или клавиши. Изменяются соответствующие переменные, после чего они обрабатываются DirectX с помощью вышеописанных функций.

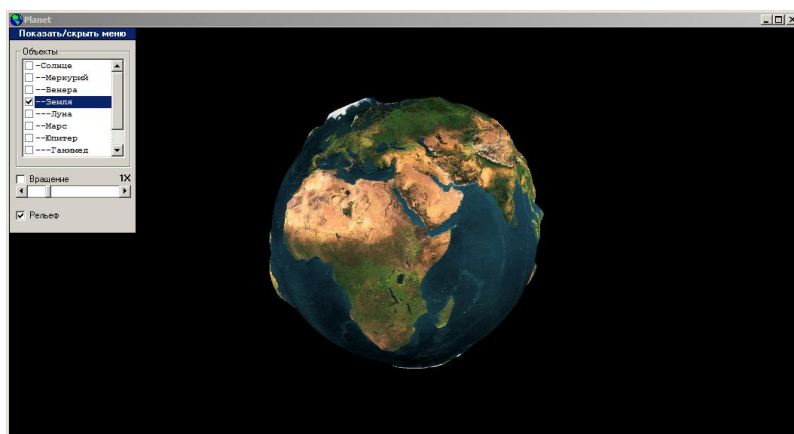
II.5. Вращение планет

Планеты не находятся постоянно в одном положении – они вращаются вокруг своей оси. Однако, скорость этого вращения всё же у разных планет неодинакова.

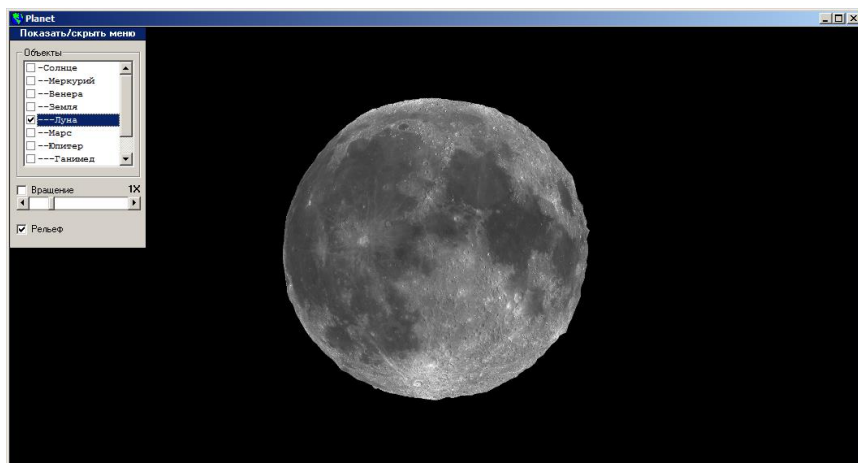
За базовую единицу периода вращения был взят один земной час. Данные о скорости вращения планет заносятся в файл общих характеристик планет, после чего загружаются программой в память. Раз в кадр к параметру градуса обращения прибавляется $1/R_p$ (R_p - период вращения). В результате скорости вращения планет относительно друг друга оказываются близки к реальным. Имеется возможность ручного регулирования скорости вращения планет.

II.6. Результат работы

В результате работы была написана программа, названная Planet. Программа позволяет выбрать планету из списка и отображает её на экран. Пользователь получает возможность повернуть её в



любом направлении, приблизить её или отдалить. Также программа



имитирует поведение планет и показывает их рельеф.

III. Заключение

В процессе работы были исследованы принципы компьютерного программирования, основные инструменты. Был изучен состав Солнечной Системы, также обнаружена информация об её исследовании.

Продуктом данной проектной работы является компьютерная программа Planet, предназначенная для трёхмерного моделирования планет Солнечной Системы. Продукт может применяться в образовательном процессе педагогами средней школы.

Список литературы:

1. <http://www.infokart.ru/model-zemli-globus/>
2. <http://geographyofrussia.com/globus-i-karta/>
3. <http://www.jip.ru/2014/242-255-2014.pdf>