

электронный журнал

МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Издатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

УДК 519.6

Программный модуль для графического отображения параметров движения и координат летательного аппарата

К.ф-м.н., доцент А.А. Баранов,

А.А. Недогарок

andrey_baranov@list.ru

nk260an@gmail.com

Введение

В ходе математического моделирования, либо телеметрических измерений движения ЛА, как правило, получают большие массивы цифровой информации, включающие данные о координатах и параметрах движения ЛА. Очевидно, что оценку и предварительный анализ полученных данных удобнее проводить при их графическом представлении. Данные об ориентации и координатах ЛА целесообразно отображать в трёхмерном пространстве, в естественном для них виде.

На рынке программного обеспечения представлен ряд продуктов, имеющие аналогичное назначение. Наиболее очевидный пример – приложение Satellite Tool Kit (STK) от компании Analytical Graphics, Inc (AGI) (Рис. 1 а, б).

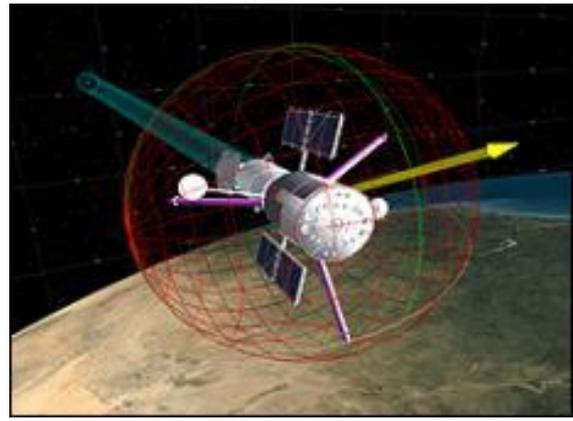
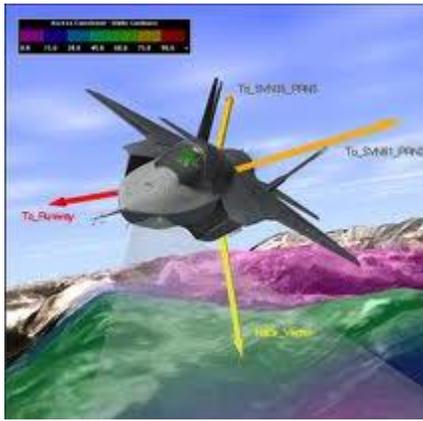


Рис. 1 а), б). Примеры графического представления полётной информации в приложении *Satellite Tool Kit*.

Однако STK – коммерческое ПО с закрытым исходным кодом. К тому же STK обладает избыточной функциональностью по сравнению с поставленным выше кругом задач.

Возникает необходимость в программном модуле, способном работать совместно с программами математического моделирования полёта ЛА и отображать полученные в ходе расчёта данные о параметрах полёта и координатах в трёхмерном пространстве.

Особенности разработки ГПМ

Первоначально рассматривалась возможность использования в создаваемом модуле графического движка стороннего разработчика. Был проведён анализ существующих свободно распространяемых графических движков, таких как OGRE, Irrlicht, Nebula Device. Однако по результатам анализа было принято решение о разработке собственного графического движка. Данное решение обосновано

- Требованием независимости ГПМ от хода развития движка стороннего разработчика;
- Требованием открытости исходного кода;
- Отсутствием подробной документации на некоторые движки сторонних разработчиков;
- Оптимизацией объёма кода в соответствии со специальным назначением модуля.

Для реализации модуля был выбран язык C++. Разработка производилась в среде Microsoft VisualStudio 2010 Ultimate, предоставляемой студентам МГТУ им. Н.Э. Баумана по программе MSDN Academic Alliance. В качестве графического интерфейса был выбран API DirectX 9, а точнее, его раздел Direct3D по работе с трёхмерной графикой. Выбор был обусловлен наличием большего объёма литературы и примеров для DirectX, а также изначальной ориентацией на работу в ОС Microsoft Windows при разработке ГПМ.

На данном этапе работ для облегчения отладки непосредственно из среды разработки модуль ГПМ оформлен в виде приложения Windows формата Portable Executable (PE) (Рис. 2).

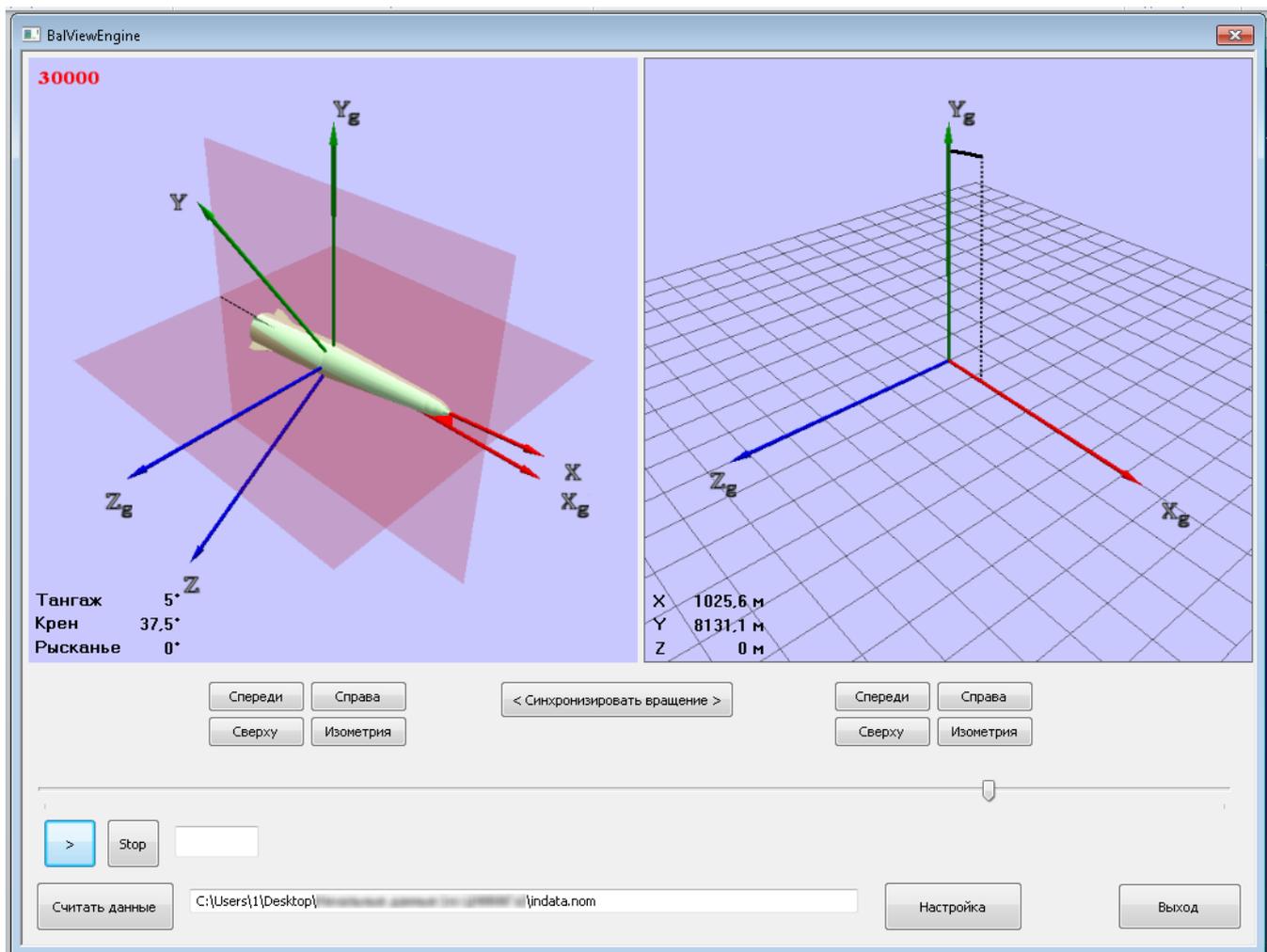


Рис. 2. Вид главного окна графического модуля и пример отображения ориентации и координат ЛА.

В дальнейшем функциональная часть модуля будет перенесена в динамически связываемую библиотеку DLL. Это обеспечит возможность непосредственного её подключения к приложениям математического моделирования полёта ЛА и даст, в частности, возможность интерактивного отображения ориентации и координат ЛА в процессе расчёта.

Разработанный модуль обеспечивает

1. Отображение трёхмерной графической модели ЛА и вспомогательных координатных построений в удобном графическом виде.
2. Отображение углов ориентации и координат ЛА в выбранной системе координат.
3. Воспроизведение анимации движения ЛА по данным, полученным в ходе математического моделирования движения ЛА.

Данные об угловой ориентации ЛА и его координатах считываются из файлов установленного формата.

Разработанный модуль не требователен к аппаратным ресурсам ПК. Минимальные системные требования: ОС Microsoft Windows XP или более поздняя, процессор Pentium IV 1,4 ГГц, 256 Мб оперативной памяти.

В дальнейшем в рамках работы над ГПМ предполагается

- 1) Расширение функциональности, увеличение номенклатуры обрабатываемых данных;
- 2) Повышение эргономичности пользовательского интерфейса;
- 3) Обособление функциональной части модуля в виде динамически связываемой библиотеки DLL, чтобы обеспечить возможность использования в приложениях сторонних разработчиков;
- 4) Реализовать работу с графикой с использованием графической библиотеки OpenGL для облегчения переноса модуля для работы в ОС Linux.

Краткий обзор используемого математического аппарата

При работе в Direct 3D точка в трёхмерном пространстве (вершина) задаётся вектором размерности 4:

```
typedef struct D3DXVECTOR4 {  
    FLOAT x;  
    FLOAT y;  
    FLOAT z;  
    FLOAT w;  
  
} D3DXVECTOR4, *LPD3DXVECTOR4;
```

где X, Y, Z – координаты, W – коэффициент перспективы.

Необходимо учитывать, что в Direct3D используется левосторонняя система координат, в то время как большинство систем координат, используемых при расчёте движения ЛА – правосторонние.

Преобразования векторов (вершин), такие как перемещение, вращение, масштабирование, производятся путём умножения вектора на соответствующую матрицу преобразований V :

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ w_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ w_0 \end{bmatrix} V, \quad (1)$$

где $\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ w_0 \end{bmatrix}$ – исходный вектор, $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ w_1 \end{bmatrix}$ – вектор после преобразования, V – матрица преобразований.

Матрицы преобразований имеют размерность 4×4 . В библиотеке Direct 3D для представления матрицы преобразования используется тип данных D3DMATRIX

```
typedef struct D3DMATRIX {
    float m[4][4];
} D3DMATRIX, *LPD3DMATRIX;
```

Вследствие некоммутативности перемножения матриц, матрица преобразования координат получается перемножением матрицы перемещения и матриц вращения по трём осям координат в строго определённом порядке:

$$V = T \times R_x \times R_y \times R_z, \quad (2)$$

где T – матрица перемещения (трансляции) размерности 4×4 , R_x – матрица поворота вокруг оси OX , R_y – матрица поворота вокруг оси OY , R_z – матрица поворота вокруг оси OZ ,

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \Delta x & \Delta y & \Delta z & 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Δx , Δy , Δz – величина смещения, соответственно, по осям OX , OY и OZ ;

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & \sin \theta_x & 0 \\ 0 & -\sin \theta_x & \cos \theta_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где θ_x – угол поворота вокруг оси OX ; аналогично

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & -\sin \theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$R_z = \begin{bmatrix} \cos \theta_z & \sin \theta_z & 0 & 0 \\ -\sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Заключение

В статье рассмотрена разработка программного модуля ГПМ для постпроцессинга данных, полученных в ходе моделирования движения ЛА. ГПМ обеспечивает наглядное визуальное представление параметров полёта и координат ЛА в выбранной системе координат, а также воспроизведение анимации движения ЛА, предварительно рассчитанного с помощью математического моделирования. В модуле реализован необходимый математический аппарат для трёхмерных графических построений и преобразований. Представленный модуль может послужить прототипом для разработки более сложных программных комплексов для постпроцессинга и визуализации данных.

Список литературы

1. Graphics gems IV / Edited by Paul S. Heckbert. - Academic Press, 1994.
2. Zerbst S., Duvel O. 3D Game Engine Programming (Game Development Series); 1 edition. - Course Technology PTR, 2004.
3. Wolfgang F. E. Beginning Direct3D Game Programming. - Premier Press, 2003.
4. Walsh. P. Advanced 3D game programming with DirectX 9.0. - Wordware Publishing, Plano, Texas, 2003.
5. Thorn A. DirectX 9 graphics: the definitive guide to Direct3D. - Wordware Publishing, 2005.
6. Lengyel E. Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics; 2 edition. - Charles River Media, Inc, 2004/