

Прикладная программная система для визуализации вероятностной орбитальной эволюции астероидов*

Д.А. Белей, Т.Ю. Галушина

В данной работе рассматривается проблема визуализации вероятностной орбитальной эволюции астероидов. Описывается первая версия программного модуля «SolarSuit», его функционал, возможности по визуализации и основные направления развития системы.

Сведения об авторах:

Белей Дмитрий Андреевич – студ. 3-го курса физического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета. Сот.тел: +7 923 337 7971, E-mail: Dmitry.Beley@gmail.com.

Галушина Татьяна Юрьевна – к.ф.-м.н., доц. каф. астрономии и космической геодезии физического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета. Тел. 529-776, E-mail: volna@sibmail.com.

Applied software system for the visualization of probability orbital evolution of asteroids

D.A. Beley, T.Yu. Galushina

The problem of visualization of the probability orbital evolution of asteroids has been considered in the paper. The first version of software module «SolarSuit» has been described. Its functionality, ability to visualize and main directions of development of the system have been discussed.

Введение

Задача визуализации вероятностной орбитальной эволюции астероидов напрямую связана с проблемой астероидной опасности. В настоящее время известно около 8500 астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), среди них около 1000 имеют диаметр больше 1 км

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке министерства образования и науки РФ (регистрационный код 2.4024.2011)

(<http://neo.jpl.nasa.gov>). Кроме того, каждый год открывается все больше и больше новых объектов.

С одной стороны, вследствие реальности проблемы астероидной опасности изучение таких астероидов и их орбитальной эволюции имеет огромное значение для мирового сообщества. С другой стороны, очень важна популяризация этой проблемы. По этому принципу можно разделить и программное обеспечение: одни программы отображают лишь примерные модели, в рамках которых можно получить общее представление о телах Солнечной системы, другие программы предназначены для научной деятельности и требуют углубленного изучения той или иной темы перед их использованием.

Рассмотрим различные программы по визуализации движения астероидов в Солнечной системе. В настоящее время существует много модулей, позволяющих визуализировать динамику планет, спутников, астероидов. По своему исполнению все приложения можно условно разделить на две группы: первая – это приложения, открываемые в браузере, они построены на flash-технологии, большинство из них способно отражать только планеты Солнечной системы. Наиболее проработанные приложения позволяют перемещаться в 3D пространстве и способны отражать достаточно точно небесную сферу. Вторая группа – это исполняемые файлы, их необходимо предварительно установить на ПК. В основном функционал таких приложений также ограничивается простым отображением планет и, возможно, некоторых довольно популярных астероидов.

Одно из лучших решений относится к первой группе – это приложение от разработчиков NASA «Eyes on The Solar System» (<http://solarsystem.nasa.gov/eyes/>). Модель построена в среде разработки игр Unity3D. Такой выбор помог NASA представить богатый функционал и красивое изображение прямо на сайте. Программа позволяет просматривать планеты Солнечной системы, их спутники и большое число астероидов, а также орбиты этих объектов. Визуализация сделана в 3D пространстве и на каждый объект программа имеет трёхмерную модель. Возможно управление скоростью, переход на дату, расширенное управление наблюдателем, привязка к конкретному телу, либо режим свободного полёта. Модель сделана очень красиво и грамотно. Однако требует быстрого широкополосного интернета и хорошей скорости операционной системы и браузера. Кроме того, для астероида (99942) Апофис орбита отображается только до 2014 года, затем он исчезает из визуализации и снова появляется лишь в 2028 году, чтобы вновь исчезнуть в 2031 году. Кроме того программа ориентирована на презентационный функционал и неизвестно, какие модели она использует, можно просматривать только расчёты NASA.

Очень важным моментом при визуализации также является точность. Известно, что начальные данные из наблюдений определяются неточно. Наиболее распространённым способом учёта ошибок начальных данных является исследование вероятностной орбитальной эволюции. При этом в начальной вероятностной области выбирается некоторое множество тестовых частиц и путём численного интегрирования исследуется их эволюция со временем [1].

Таким образом, для прогнозирования поведения астероида, нам недостаточно знать только наиболее вероятное положение, нам также нужно изучать эволюцию его доверительной области со временем. В результате исследования ряда программ направленных на визуализацию, выяснилось, что ни одна из них не обладает функционалом, отражающим вероятностную область астероида, ни одна программа не допускает добавление объектов, рассчитанных при помощи собственных моделей.

Интерфейс системы «SolarSuit»

Именно для задач подобной визуализации нами разрабатывается система «SolarSuit». Программа приближена к функционалу «Eyes on the Solar System» от NASA, но адаптирована под необходимые нам задачи.

Прежде всего, система позволяет визуализировать:

- движение планет Солнечной системы в 3D пространстве;
- движение астероида и изменение его траектории по исходным данным;
- эволюцию доверительной области данного астероида.

Интерфейс (рис. 1) стремится к интуитивно понятным обозначениям и расположению. Основной экран включает в себя блок управления временем анимации (а), блок управления фокусом камеры (b), кнопку добавления объектов (c), блок управления проекциями (d), а также кнопки, дублирующие нажатие клавиш управления камерой (e). Все основные и часто употребляемые элементы управления вынесены на главный экран и сделаны таким образом, чтобы не мешать просмотру визуализации.

Исходные данные

Координаты планет вычисляются на основе эфемерид DE405. Объект в программу можно внести при помощи соответствующей кнопки интерфейса «Add» (рис. 1c). В окне визуализации астероид представлен белым цветом. Планеты отображаются разными, более тусклыми цветами, чтобы их можно было отличить от астероида. Визуализация происходит сразу после загрузки исходных данных.

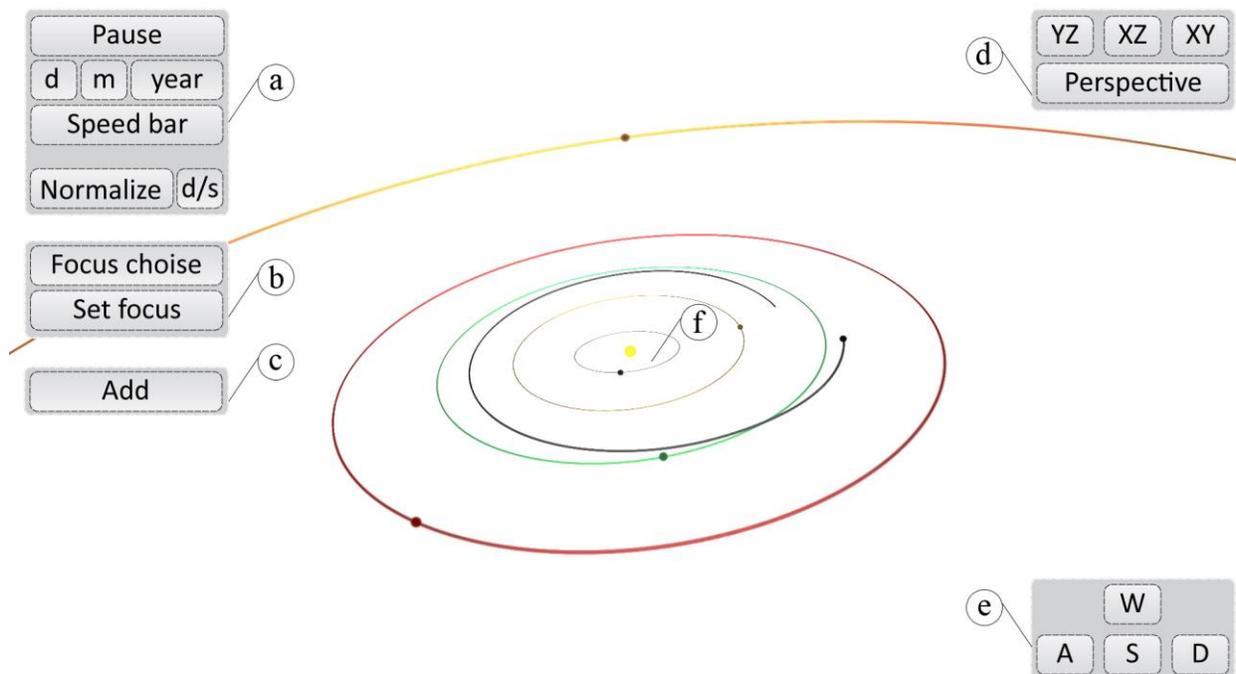


Рис. 1. Схематичная структура интерфейса программы SolarSuit.

a – модуль управления временем; b – модуль управления фокусом камеры; c – кнопка добавления объектов; d – модуль управления проекциями; e – кнопки, дублирующие нажатие клавиш; f – основная среда визуализации.

На данный момент программа использует вычисленные координаты астероида (99942) Апофис. Координаты астероида и тестовых частиц с заданным шагом были получены с помощью специализированного программного комплекса, разработанного в НИИ ПММ ТГУ группой авторов [2]. Исследование орбитальной эволюции выполнялось на кластере ТГУ СКИФ Cyberia.

Графический модуль OpenGL

Визуализация построена на стандартной библиотеке OpenGL, с её помощью реализована визуализация всех объектов, а также управление наблюдателем. Выбор именно OpenGL не случаен, так как этот модуль поддерживается большинством платформ и операционных систем, что в будущем позволит переносить программу практически на любое устройство, включая современные смартфоны.

С помощью внешнего модуля OpenGL в программе реализовано 4 базовых варианта просмотра – Perspective, режим перспективы, активирующийся в самом начале работы

программы и XY, XZ, YZ – три проекции на перпендикулярные плоскости (рис. 1d). При переходе в различные режимы просмотра для удобства орбиты объектов притеняются, оставляя орбиту интересующего объекта.

Возможности управления временем в системе «SolarSuit»

SolarSuit, используя исходные данные, анимирует модель Солнечной системы, включая орбиту выбранного объекта и его тестовые частицы. Для управления анимацией предусмотрено соответствующее меню (рис. 1a). Оно предусматривает следующие манипуляции со временем воспроизведения:

- ускорение и замедление анимации;
- полная остановка анимации;
- перемотка на интересующую дату;
- пошаговый режим просмотра (Step back и Step Forward).

Динамическое обновление орбиты и визуализация ансамбля в системе «SolarSuit»

Визуализация траектории построена таким образом, что вычерчивается трек, по которому видно изменение орбиты астероида (рис. 2b). Кроме того, программа отображает ансамбль тестовых частиц (рис. 2c). Они показываются цветом астероида.

Благодаря такому отображению можно оценить динамику вероятностной области астероида в трехмерном пространстве не останавливая визуализацию, а также не прибегая к изменению каких либо параметров отображения вручную.

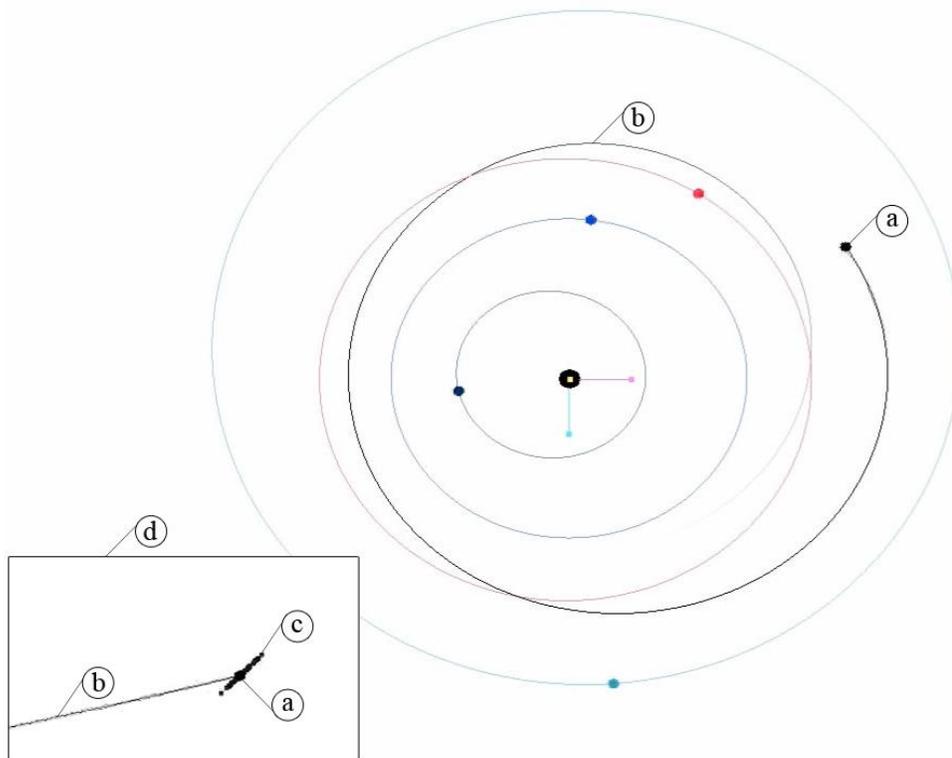


Рис. 2. Снимок программы. Здесь а – положение астероида, b – орбита астероида, с – вероятностная область в виде тестовых частиц, d – увеличенный масштаб изображения.

Заключение

В настоящей работе представлено описание первой версии прикладной программной системы «SolarSuit». Данная версия предоставляет возможность по заданным координатам астероида и его тестовых частиц просмотреть его вероятностную орбитальную эволюцию в трехмерном пространстве. В дальнейшем планируется улучшить алгоритмы отображения самого астероида и его ансамбля. Следующий шаг в проработке программы – это улучшение графического модуля, в программу планируется ввести звёздное небо, возможность загрузки различных 3D моделей для астероидов и других тел, большие возможности для управления камерой. После этого будут проводиться различные тесты на производительность и системные требования для дальнейшей оптимизации так, чтобы программу можно было использовать даже на маломощных компьютерах или мобильных устройствах.

Так как программная система позволяет визуализировать движение не только астероида, но и больших планет, то представляется возможным ее эффективное использование не только для научной, но и для учебной деятельности.

Литература

1. *Черницов А.М., Батулин А.П., Тамаров В.А.* Анализ некоторых методов определения вероятностной эволюции движения малых тел Солнечной системы // *Астрон. вестн.* 1998. Т. 32. N 5. С. 459–467.
2. *Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю., Батулин А.П.* Построение поисковых эфемерид астероидов на основе областей их возможных движений. II. Программная система. // *Изв. вузов. Физика. Приложение. Небесная механика и прикладная астрономия.* 2007. Т. № 12. С. 13–20.