

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ
ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ****А. М. Михеев, И. Ю. Семочкина**

Мониторинг и контроль состояния изделий ракетно-космической техники (РКТ), а также протекающих в них физических процессов вызывает необходимость построения информационных систем поддержки научного эксперимента. Исследуемые изделия характеризуются разнообразием подсистем и протекающих в них процессов разной физической, химической и другой природы, что позволяет отнести к классу сложных технических систем. Особенность сложных систем заключается в том, что теоретические представления о механизме явлений, лежащих в основе протекающих в них процессов, зачастую недостаточны, соответственно построение их адекватной математической модели весьма затруднительно, а на протекающие в таких системах процессы оказывает влияние большое число факторов [1, 2].

Для повышения степени адекватности математических моделей исследуемых систем и протекающих в них процессов необходим научный эксперимент. Высокая стоимость и нередко длительное время подготовки и проведения эксперимента заставляют уделять серьезное внимание вопросам его рациональной организации, анализу и обеспечению необходимой степени достоверности получаемых результатов. Для повышения эффективности проведения экспериментальных исследований следует использовать положения теории научного планирования эксперимента, факторного анализа, методов математической статистики, прогнозирования и поиска оптимальных решений.

Получение экспериментальных данных обеспечивает информационно-измерительная система, которая в реальных условиях имеет распределенную структуру, включающую с себя интеллектуальные многофункциональные датчики, унифицирующие измерительные преобразователи, средства хранения и цифровой обработки информации, соединенные между собой каналами связи.

Полученная измерительная информация наряду с накопленной ранее информацией и синтезированными на ее основе математическими моделями используется для идентификации состояний исследуемой сложной технической системы и протекающих в ней физических процессов и уточнения соответствующих математических моделей.

Отображение пространственной инфраструктуры данных существенно влияет на адекватность решений, принимаемых при управлении состоянием РКТ, соответственно формирование пространственной инфраструктуры данных должно стать неотъемлемым элементом интеллектуального анализа данных о состоянии РКТ.

Последние достижения в области передачи и визуализации информации привели к тому, что 3D-информация все более активно включается в реальные приложения, начиная от индустрии развлечений до производства.

Применение 3D-моделей для отображения пространственной инфраструктуры данных позволяет сделать этот процесс более наглядным и гармоничным. Они могут дать более полное представление о РКТ, нежели экранные формы и мнемосхемы, давая возможности просмотра объектов с любой точки пространства.

Применение 3D-моделей позволяет упростить процессы планирования, контроля и принятия решений, что особенно важно при контроле элементов РКТ.

3D-модели позволяют проводить пространственный анализ, что помогает лучше контролировать РКТ, легче ориентироваться в изменяющейся ситуации и прогнозировать ее развитие.

Таким образом, организации мониторинга и контроля текущего состояния РКТ с целью уточнения их математических и информационно-структурных моделей для решения задач управления их состоянием и планирования адекватных мер по обеспечению безопасного функционирования является актуальной.

В процессе проектирования и разработки ИС мониторинга и контроля удаленного РКТ для обеспечения возможности предоставления консолидированной информации о РКТ использовались алгоритмы интеллектуального анализа данных *Data Mining* [3], для визуального контроля РКТ было принято решение использовать возможности 3D-моделирования и графических библиотек для визуализации моделей.

В процессе разработки ИС мониторинга и контроля РКТ с распределенной структурой, включающей в себя интеллектуальные многофункциональные датчики, унифицирующие измерительные преобразователи, средства хранения и цифровой обработки информации, соединенные каналами связи, были обеспечены основные функциональные возможности:

- сбор и обработка измерительной информации;
- обмен данными между удаленным объектом и информационной системой;
- идентификация состояний исследуемого физического объекта по совокупности накопленной информации с помощью нейронной сети;
- удаленный, визуальный контроль 3D-модели с предоставлением консолидированной информации о состоянии физического объекта;
- визуализация 3D-модели, которая должна отображать трехмерные графические объекты при ориентации на современные программные среды, привязывать к графическим объектам произвольную информацию, предоставлять возможность использования графических материалов, накопившихся при работе с другими графическими системами.

Обеспечение необходимых сервисных возможностей:

- полный и удобный доступ к информации;
- дистанционное управление измерительным экспериментом.

Сбор и обработку измерительной информации обеспечивает информационно-измерительная система. Для возможности предоставления обобщенной и консолидированной информации о состоянии РКТ использовались алгоритмы интеллектуального анализа данных [3].

Для реализации методов прогнозирования состояния РКТ необходимо накопить измерительную информацию от объекта за длинный промежуток времени. Для решения данной задачи в информационной системе поддержки удаленного эксперимента в качестве хранилища данных была разработана реляционная база данных [4, 5].

Разработка хранилища данных, полученных от удаленного источника информации, позволяет осуществить накопление измерительной информации за длительный промежуток времени для возможности дальнейшего прогнозирования состояния контролируемого объекта. Однако полезной измерительной информацией, которая, возможно, является необходимой для прогнозирования состояния исследуемого объекта, в хранилище данных информационной системы поддержки удаленного эксперимента является часть от всей накопленной информации. Для выявления той полезной информации, по которой возможно произвести идентификацию и прогнозирование дальнейшего состояния исследуемого объекта, было принято решение использовать технологии предобработки и трансформации данных, а затем технологию *Data Mining*, выявление полезной информации в «сырых данных».

Общий принцип построения решений, использующих *Data Mining*, заключается в создании соответствующей модели, в ее обучении и тестировании, а также в разработке приложения, применяющего созданную модель для прогнозирования значений неизвестных атрибутов. При этом процессы создания и обучения модели включают обязательное использование большого по объему набора данных, для которых известны значения атрибутов и прогнозирование которых предполагается в данной модели. Перед созданием модели, предназначенной для реальной эксплуатации, иногда создается ее прототип, обучаемый на наборе данных меньшего объема, а другой набор предназначен для тестирования созданной модели или прототипа. После подготовки исходных наборов данных выбирается алгоритм *Data Mining*, параметры работы алгоритма и входные поля.

Визуализация 3D-модели РКТ осуществляется за счет использования функций *OpenGL*, реализованных в библиотеке *Tao Framework*. В качестве программной платформы для разработки использовалась *MS Visual Studio 2010* и язык программирования *C#* [6].

Tao Framework – это свободно распространяемая библиотека с открытым исходным кодом, предназначенная для быстрой и удобной разработки кросс-платформенного мультимедийного программного обеспечения в среде *.NET Framework*. В состав библиотеки на данный момент входят все современные средства, которые были использованы в ходе разработки системы визуализации 3D-моделей: реализация библиотеки *OpenGL*, реализация библиотеки *FreeGlut*, содержащей все самые новые функции этой библиотеки, библиотека *DevIL* (взятая в основу стандарта *OpenIL – Open Image Library*) и многие другие.

В составе *Tao Framework* были использованы следующие библиотеки:

- *OpenGL* 2.1.0.12 – свободно распространяемый аппаратно-программный интерфейс для визуализации 2D- и 3D-графики;
- *FreeGLUT* 2.4.0.2 – библиотека с открытым исходным кодом, являющаяся альтернативой библиотеке *GLUT* (*OpenGL Utility Toolkit*);
- *DevIL* 1.6.8.3 (она же *OpenIL*) – кроссплатформенная библиотека, реализующая программный интерфейс для работы с изображениями. На данный момент библиотека поддерживает работу с изображениями 43 форматов для чтения и 17 форматов для записи;
- *PhysFS* 1.0.1.2 – библиотека для работы с вводом / выводом файловой системы, а также различного вида архивами на основе собственного API;
- *SDL* 1.2.13.0 – кроссплатформенная мультимедийная библиотека, активно используемая для написания мультимедийных приложений в операционной системе;
- *GNU/Linux ODE* 0.9.0.0 – свободно распространяемый физический программный интерфейс, главной особенностью которого является реализация системы динамики абсолютно твердого тела и система обнаружения столкновений;
- *FreeType* 2.3.5.0 – библиотека, реализующая растеризацию шрифтов.

Разработка исходной модели для системы визуализации 3D-моделей осуществляется с помощью программной платформы *3D Studio MAX*.

Термин «объект» в *3D STUDIO MAX* относится к любым элементам виртуального трехмерного мира, которые могут включаться в состав сцен и к которым могут применяться преобразования и модификаторы. Объекты *3D STUDIO MAX* являются параметрическими, т.е. при создании приобретают определенный набор характеристических параметров, таких как координаты положения объекта, его размеры по длине, ширине и высоте, число сегментов или сторон и т.п. Эти параметры в дальнейшем можно легко изменять, поэтому в процессе создания объектов необязательно стремиться к обеспечению высокой точности.

На рис. 1 изображены основные классы, составляющие программную реализацию. Их можно разделить по следующим признакам:

- классы модели предметной области (*GeometryModel*, *GeometryPart*, *Face*, *TextureFaces*, *Vertex*);
- классы, отвечающие за декодирование (парсинг) исходной информации, на основании которой строится модель (*ModelHelper*);
- классы графического интерфейса (*MainForm*).

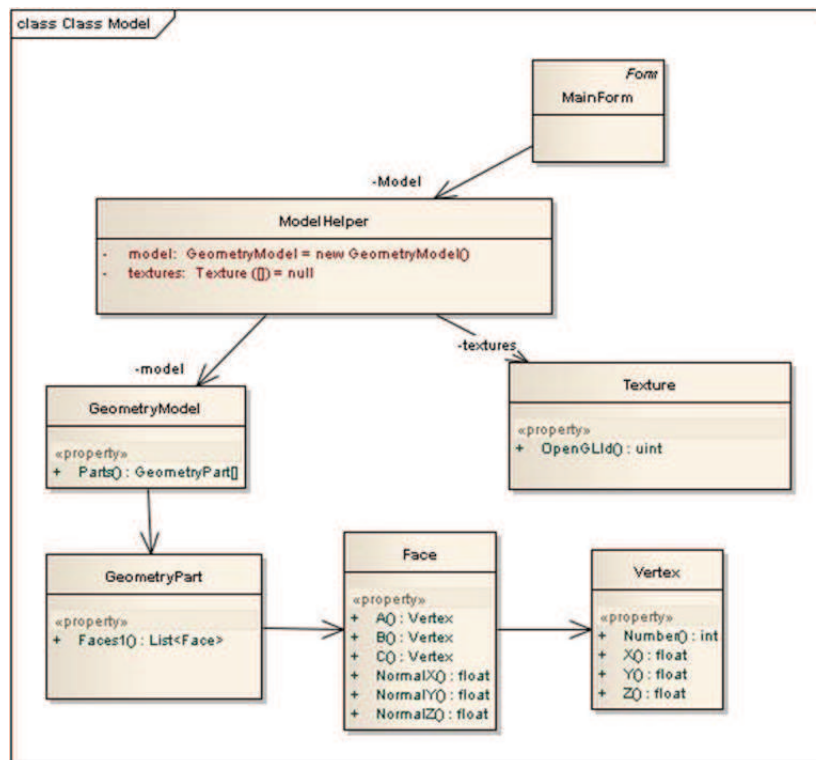


Рис. 1. Диаграмма классов

Класс *GeometryModel* содержит в себе всю информацию о 3D-модели – коллекцию *GeometryPart* частей геометрии, которые в свою очередь содержат информацию о полигонах (*Face*) и текстурах полигонов (*TextureFaces*).

Класс *Face* – содержит информацию о полигоне в виде трех вершин, которые являются членами класса (свойствами) с типом *Vertex* (*Vertex* – вершина полигона). У данного класса есть три метода для расчета нормалей.

Класс *Vertex* – хранит информацию об одной вершине с координатами в трехмерном пространстве *X, Y, Z*.

Класс *ModelHelper* обеспечивает декодирование (парсинг) файла 3D-модели формата *.ase*, создание экземпляра объекта *GeometryModel* с последующей визуализацией в рамках оконного интерфейса *MainForm*, задающего параметры 3D-объекта в виде смещения по осям. Визуализация 3D-модели РКТ осуществляется через автоматизированное рабочее место (АРМ). Для контроля состояния РКТ через АРМ необходимо:

- 1) разработать исходную 3D-модель для системы визуализации по средствам программной платформы *3D Studio MAX*;
- 2) экспортировать 3D-модель из *3D Studio MAX* в файл экспорта обстановки *ASCII Autodesk (Autodesk ASCII Scene Export File, ase)*;
- 3) загрузить 3D-модель в АРМ;
- 4) привязать семантическую информацию к месту непосредственного мониторинга состояния РКТ;
- 5) осуществить контроль параметров РКТ через графический интерфейс АРМ.

На рис. 2 изображена динамика механизма запуска АРМ.

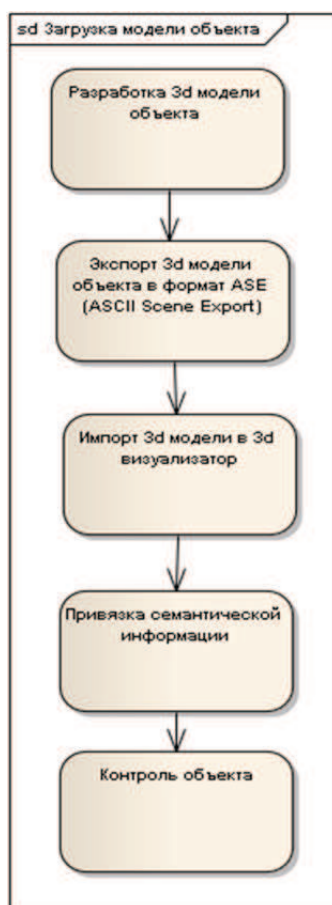


Рис. 2. Динамика механизма запуска АРМ

Используемые аппаратные и программные платформы обеспечивают сохранность и целостность информации при полном или частичном отключении электропитания, аварии сетей телекоммуникации, полном или частичном отказе технических средств.

Список литературы

1. Имитационное моделирование процедуры нейросетевой идентификации двумерного радиолокационного сигнала / В. А. Северин, А. А. Кузнецов, М. Ю. Михеев, И. Ю. Семочкина // Вопросы радиоэлектроники. – 2009. – Т. 4, № 4. – С. 114–120.
2. Барсеягин, А. А. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсеягин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – С. 384.
3. Эспозито, Д. Microsoft ASP.NET 2.0 базовый курс / Д. Эспозито. – М. : Вильямс, 2007. – С. 688.
4. Юрков, Н. К. Моделирование развития трещин в проводниках печатных плат как последствий технологических дефектов / Н. К. Юрков, В. Б. Алмаметов // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – Т. 1. – С. 140–143.
5. Моделирование нестационарных тепловых полей электрорадиоэлементов / Н. К. Юрков, В. Б. Алмаметов, А. В. Авдеев, А. В. Затылкин, Г. В. Таньков, В. Я. Баннов // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – Т. 2. – С. 446–449.
6. Системы интеллектуального анализа данных: методология, реализация, приложения : моногр. / науч. ред. А. Г. Дмитриенко. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2012. – 164 с.

УДК 001.891.5

Михеев, А. М.

3D-моделирование в интеллектуальной информационной системе поддержки научного эксперимента для систем мониторинга и контроля изделий ракетно-космической техники / А. М. Михеев, И. Ю. Семочкина // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 28–32.

Михеев Алексей Михайлович

аспирант,
кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: dagas_88@mail.ru

Mikheev Aleksey Mikhaylovich

postgraduate student,
sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Семочкина Ирина Юрьевна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра информационных технологий и систем,
Пензенский государственный
технологический университет
(440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/
ул. Гагарина, 1а/11)
89050158990
E-mail: ius@pgta.ru

Semochkina Irina Yur'evna

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of information technologies and systems,
Penza State University of Technology
(440039, 1a/11 Baydukova lane/Gagarina street,
Penza, Russia)

Аннотация. Изделия ракетно-космической техники с точки зрения системного подхода относятся к классу сложных систем. Рассмотрен подход к построению систем мониторинга и контроля изделий ракетно-космической техники как системам поддержки научного эксперимента. Для идентификации состояний изделий ракетно-космической техники использован аппарат искусственных нейронных сетей. Разработаны UML-модели интеллектуальной информационной системы поддержки научного эксперимента, обоснован выбор программной платформы ASP.NET MVC и объектноориентированного языка программирования C# для реализации механизма визуализации.

Ключевые слова: информационная система, технически сложные объекты, планирование эксперимента, мониторинг и контроль, UML, 3D-моделирование.

Abstract. Products rocket and space technology from the perspective of system approach belong to the class of complex systems. The approach to the construction of systems for monitoring and control of rocket and space technology as a support system of scientific experiment was considered. To identify states rocket and space technology units artificial neural networks are used. UML-models are developed, software platform ASP.NET MVC and objectoriented programming language C # are chosen.

Key words: information system, complex systems, experiment planning, monitoring and control, UML, 3D-modeling.