

*Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
iae.nsk.su*

*Viktor Ivanovich Kozik, Engineering Sciences Cand., senior research scientist
kozik@iae.nsk.su*

*Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
iae.nsk.su*

*Artem Sergeevich Feoktistov
feoktistov.artem@gmail.com*

*Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences
iae.nsk.su*

A method of modeling a dynamic process on the Earth surface, for instance, a forest fire, with the use of a recurrent neural network is proposed. The learning process of the neural network, similar to the process of data assimilation in GIS technologies is described. A method of acceleration of neural network learning by using the Kalman filtration is proposed. The efficiency of its application is analyzed. The software implementation of the model based on fire recurrent neural network which simulate the process in real time is presented.

Keywords: computer simulation, wildfire, recurrent neural network, data assimilation, Kalman filter.

УДК 004.942

О СОЗДАНИИ ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

*Людмила Федоровна Ноженкова, д.т.н., проф., зав. отделом
прикладной информатики*

Тел.: 391 2907954, e-mail: expert@icm.krasn.ru

Ольга Сергеевна Исаева, к.т.н., старший научный сотрудник

Тел.: 391 2907452, e-mail: isaeva@icm.krasn.ru

Евгений Андреевич Грузенко, аспирант

Тел.: 391 2907452, e-mail: Gruzenko@icm.krasn.ru

Институт вычислительного моделирования СО РАН (ИВМ СО РАН)

<http://www.icm.krasn.ru>

Представлена имитационная модель бортовой аппаратуры командно-измерительной системы космического аппарата. Модель содержит инструменты графического представления всех этапов прохождения пакетов телекоманд и телеметрии.

Ключевые слова: программно-математическая модель, космический аппарат, командно-измерительная система, имитационное моделирование.

Работа выполнена в интересах ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева совместно с коллективом Института радиоэлектроники Сибирского федерального университета.

Работа выполнена в Институте вычислительного моделирования СО РАН при финансовой поддержке Минобрнауки России (договор № 02.G25.31.0041).

Введение

Создание высокотехнологичного производства современной бортовой аппаратуры космического аппарата в большой степени опирается на программно-математическое

моделирование технических устройств. Использование программно-математической модели позволяет ускорить и значительно удешевить процессы конструирования бортовых комплексов [1].



Л.Ф. Ноженкова

Командно-измерительная система (КИС) предназначена для передачи телеметрической информации со спутника на землю, выполнения внешнего командно-программного управления бортовыми системами, измерения текущих навигационных параметров орбиты. Командно-измерительная система представляет собой сложный технический объект, основу которого составляют высокотехнологичные элементы и программное обеспечение. Проектирование командно-измерительной системы является дорогостоящим процессом, для её изготовления и анализа функционирования требуются специальные инструменты [2].

Программно-математическая модель (ПММ) бортовой аппаратуры командно-измерительной системы (БА КИС) создаётся как программный комплекс, позволяющий имитировать функционирование реальной аппаратуры командно-измерительной системы. Модель может быть использована в процессе работы конструктора над проектом бортовой аппаратуры, для проведения проверочных испытаний, а также в обучающем режиме – для решения учебно-исследовательских задач.

Имитационное моделирование командно-измерительной системы



О.С. Исаева

В настоящее время разработана первая очередь программно-математической модели, которая обеспечивает имитацию архитектуры и аппаратного обеспечения командно-измерительной системы. Программное обеспечение моделирует работу бортовой аппаратуры командно-измерительной системы, включая основные блоки – приемник, передатчик, интерфейсный модуль командно-измерительной системы (МИ КИС). Для полнофункционального моделирования работы бортовой аппаратуры командно-измерительной системы, кроме основных блоков, моделируются функции борта космического аппарата и центра управления полетами (ЦУП). Графическая визуализация имитационной модели представлена на рисунке 1.

Особенностью моделируемой командно-измерительной системы является организация связи с наземным комплексом управления в соответствии со стандартами европейского космического агентства. Взаимодействие с космическим аппаратом осуществляется с помощью двух типов данных: телекоманд и телеметрии. Телекоманды передаются из центра управления полетами на борт, а телеметрия представляет собой поток данных, передаваемый с борта космического аппарата на землю. Передача телекоманд основана на стандарте ESAPSS-04-107 [3], а передача телеметрии на стандарте ESAPSS-04-106 [4]. Стандарты обеспечивают надежность и достоверность информации и регламентируют состав и способ передачи данных [5].



Е.А. Грузенко

Программно-математическая модель выполняет имитацию функционирования борта космического аппарата, в состав которого входят бортовой цифровой вычислительный комплекс (БЦВК), бортовой комплекс управления (БКУ) и бортовая аппаратура телесигнализации (БАТС). Интерфейсный модуль командно-измерительной системы непрерывно, с заданной периодичностью отправляет запрос бортовой аппаратуре телесигнализации для получения телеметрической информации. Бортовая аппаратура теле-

сигнализации обрабатывает запрос и возвращает в интерфейсный модуль пакет содержащий телеметрию борта. На основании полученной телеметрической информации от бортовой аппаратуры телесигнализации и от командно-измерительной системы интерфейсный модуль формирует телеметрический пакет в соответствии со стандартом ESAPSS-04-106 и отправляет пакет передатчику (ПРД). Передатчик в свою очередь передаёт пакет в наземный комплекс управления.

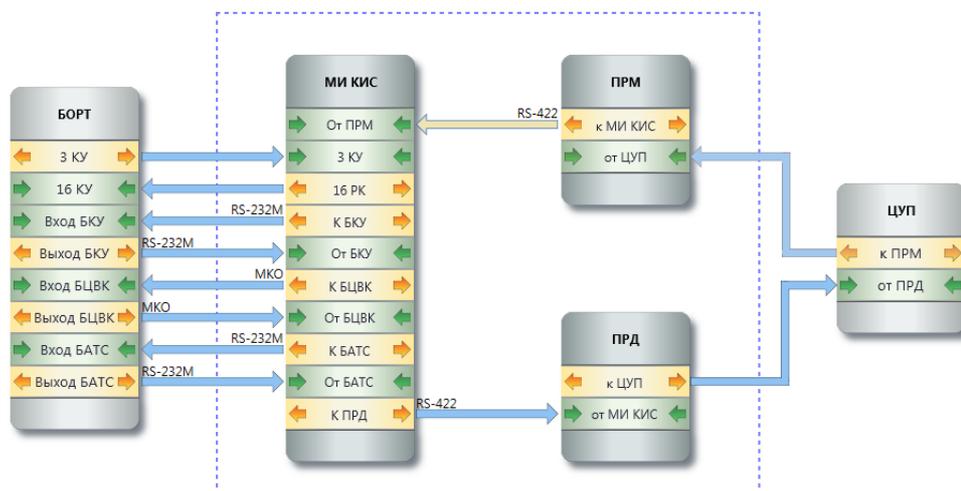


Рис. 1. Графическая модель: отображение прохождения сигнала

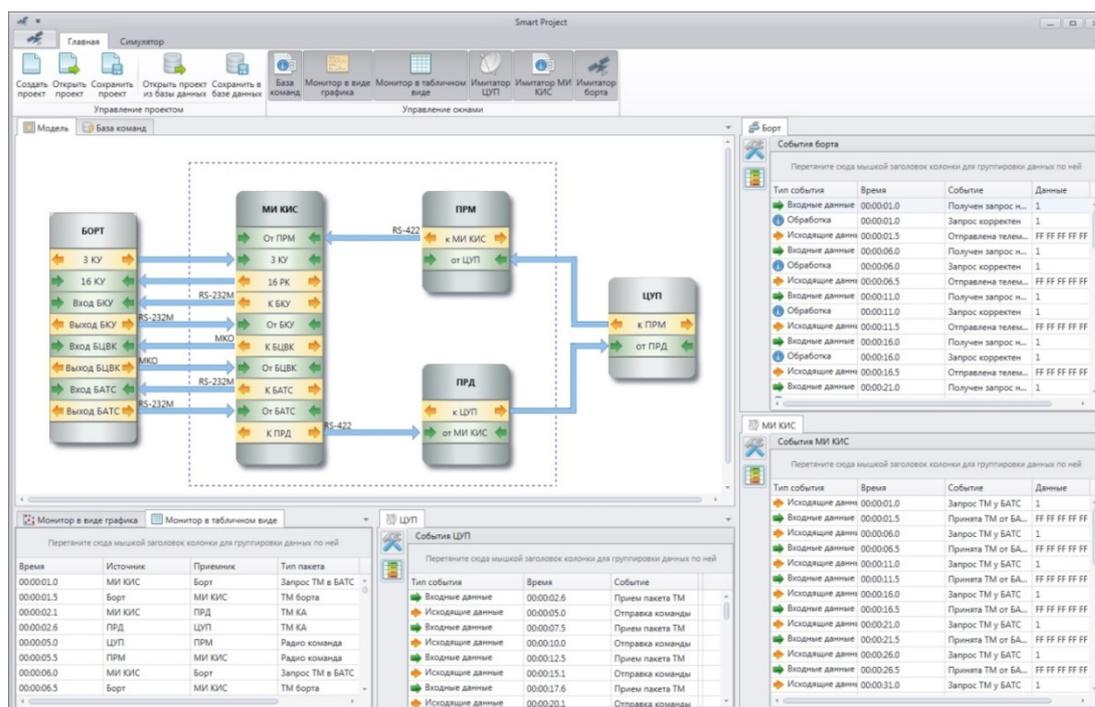


Рис. 2. Функционирование модели: визуализация монитора и протоколов работы блоков модели

Модель наземного комплекса управления имитирует основные функции центра управления полётами: приём пакетов телеметрической информации; формирование и передачу пакетов радиоконанд в соответствии со стандартом PSS-04-107. Приёмник (ПРМ) принимает пакеты радиоконанд и передаёт их в интерфейсный модуль командно-измерительной системы, который, в свою очередь, обрабатывает команды и в зависимости от назначения каждой из них вырабатывает соответствующую реакцию.

Блоки программно-математической модели имеют набор настроек, который можно изменять в процессе имитации функционирования бортовой аппаратуры командно-измерительной системы. При помощи настроек можно моделировать различные конфи-

гурации бортовой аппаратуры командно-измерительной системы, а также имитировать нештатные ситуации и режимы работы. Помимо конфигурации самих блоков можно задавать конфигурацию протоколов передачи данных.

Программное обеспечение модели формирует протоколы приёма и обработки пакетов данных и работы функциональных блоков. Протокол работы блоков содержит настраиваемые в процессе работы параметры приёма, передачи сигналов, времени ожидания ответа и квитанции (рисунок 2).

Отличительной особенностью различных экземпляров бортовой аппаратуры командно-измерительной системы является набор выполняемых команд, который зависит от назначения космического аппарата. Программное обеспечение модели имеет весь необходимый функционал для создания и актуализации базы команд в различных вариантах реализации бортовой аппаратуры командно-измерительной системы. Интерфейс для ведения базы команд показан на рисунке 3.

Последовательность команд, которая должна обрабатываться в процессе имитационного моделирования, задаётся в специальном интерфейсе. Этапы прохождения и обработки команд отображаются в блоке настроек модели центра управления полетами. Команда имеет статусы: «ожидает отправки», «отправлена» и «квитирована», изменение которых определяет текущее состояние работы модели с командой.

Код команды	Название команды	Абонент
10000	Включение аутентификации	Команда МИ КИС
10001	Отключение аутентификации	Команда МИ КИС
10002	Включение генератора команд	Команда МИ КИС
10003	Отключение генератора команд	Команда МИ КИС
10004	Включение PRIО входов от ПРМ	Команда МИ КИС
10005	Отключение PRIО входов от ПРМ	Команда МИ КИС
10010	Исходное реле для DCC1	Команда МИ КИС
10011	Исходное реле для DCC2	Команда МИ КИС
10013	Отключение ГПК	Команда МИ КИС
10014	Включение ГПК	Команда МИ КИС
10015	Включение TFG TMI	Команда МИ КИС
10016	Отключение TFG TMI	Команда МИ КИС
10017	Проверочная КИС	Команда МИ КИС

Рис. 3. База команд: визуальный редактор

Разработанное программное обеспечение программно-математической модели бортовой аппаратуры командно-измерительной системы обладает широкими средствами для настройки графического пользовательского интерфейса. Пользователь может настроить видимость, размер и расположение окон, способы отображения главного меню и панели быстрого доступа.

Взаимодействуя с системой через графический интерфейс, пользователь может сконфигурировать имитационную модель бортовой аппаратуры командно-измерительной системы, а также настроить протоколы связи, которые будут моделировать прохождение сигнала. В процессе симуляции можно изменять настройки блоков и моделировать нештатные ситуации, например, изменять время генерации телеметрии, отключать блоки, отвечающие за передачу телеметрии от борта, отключать квитирование команд и т.п.

Модель имитирует и визуализирует процесс передачи пакетов данных по каналам связи между блоками. В графическом представлении каждая передача данных сопровождается анимацией соответствующей связи. По каждому блоку ведётся протокол, в котором отображаются события, связанные с этим блоком. Протокол работы блока визуализируется в виде таблицы, которая обладает функциями фильтрации и группировки событий. Протоколы работы имитационной модели позволяют в наглядном виде анализировать особенности функционирования, как отдельных блоков, так и командно-измерительной системы в целом.

Поддержка проверочных испытаний

Развитие программно-математической модели предполагает поддержку проведения испытаний командно-измерительной системы в составе программного обеспечения контрольно-проверочной аппаратуры. На модель возлагаются функции верхнего уровня по управлению всеми этапами проверочных испытаний. При функционировании имитационной модели в режиме подготовки и проведения испытаний обеспечивается взаимодействие программного обеспечения с контрольно-проверочной аппаратурой.

Система позволит проводить испытания, как в ручном, так и в автоматическом режимах. В ручном режиме система обеспечивает проведение пошаговых проверочных испытаний посредством интерактивного взаимодействия с пользователем. Пользователь может задавать виды испытаний, конкретные устройства, точки контроля, измеряемые параметры, критерии проверки, способы отображения измеряемых показателей и т.п. В автоматическом режиме программно-математическая модель позволит обеспечить автономное проведение испытаний вплоть до полной функциональной проверки бортовой аппаратуры командно-измерительной системы на основе заданных пользователем сценариев.

Процессы испытаний сопровождаются документированием, протоколированием и визуализацией, формированием отчётов для проектной и конструкторской документации на бортовую аппаратуру командно-измерительной системы. Средства обработки архивов проведённых испытаний позволят выполнять расширенный анализ результатов, выявлять причины сбоев в работе оборудования.

Для поддержки испытаний программно-математическая модель дополняется функциями графического отображения результатов работы контрольно-проверочной аппаратуры. Развитие имитационной модели предполагает глубокое взаимодействие программного обеспечения с оборудованием контрольно-проверочной аппаратуры и соответственно через него с командно-измерительной системой.

Применение программно-математической модели в режиме тренажера и виртуальной лаборатории

В дальнейшем программно-математическая модель командно-измерительной системы будет использоваться в учебном процессе при практической подготовке студентов и персонала эксплуатирующей организации в условиях, максимально приближенных к реальным. Обучающий режим функционирования предназначен для создания специального приложения – учебно-исследовательской системы.

Учебно-исследовательская система – это комплексная программная подсистема в структуре программно-математической модели бортовой аппаратуры командно-измерительной системы, предназначенная для интерактивного обучения и приобретения знаний, навыков работы инженерно-технического персонала и студентов в объеме, необходимом для проектирования и тестирования составных частей комплекса бортовой аппаратуры (рисунок 4).

В состав учебно-исследовательской системы входят следующие основные подсистемы: информационно-справочная подсистема, имитационный тренажер, виртуальная лаборатория, планировщик обучения, подсистема контроля знаний, система ведения базы данных.

Информационно-справочная подсистема осуществляет трансляцию учебного материала в соответствии со сценарием обучения, либо в соответствии с контекстными запросами пользователя.

Имитационный тренажёр предназначен для визуализации работы командно-измерительной системы на базе имитационного режима программно-математической модели. Тренажёр представляет собой программно-техническое средство наглядного обучения с помощью имитации различных режимов работы по заданным сценариям.

Виртуальная лаборатория – подсистема поддержки исследовательских задач. Она представляет собой рабочее место исследователя-экспериментатора. Виртуальная лаборатория предназначена для поддержки углублённого изучения и закрепления учебного материала путём решения задач типа «что будет, если...». Виртуальная лаборатория функционирует как тренажёр со свободным (не заданным заранее) сценарием. Для реализации виртуальной лаборатории используется не только имитационный режим программно-математической модели, но и частично функции программного обеспечения контрольно-проверочной аппаратуры командно-измерительной системы.

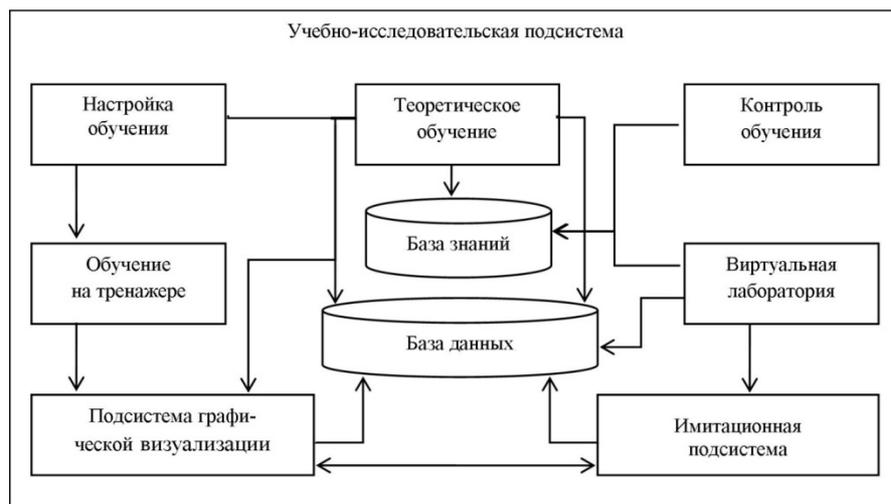


Рис. 4. Учебно-исследовательская система: функциональная структура

Дополнительные подсистемы организуют процесс обучения. Подсистема контроля и анкетирования выполняет функции ведения пользовательских данных. Планировщик предназначен для управления учебно-исследовательской системой на основе интеллектуальных методов формирования персональных траекторий обучения. База данных предназначена для ведения данных об учебном курсе, пользователях, протоколах, отчётах и др. База знаний будет содержать знания о методике обучения, организации учебного процесса предоставления материала, критериях оценивания и пр. Подсистема настройки обучающей системы обеспечивает функции администрирования.

Дополнительные подсистемы организуют процесс обучения. Подсистема контроля и анкетирования выполняет функции ведения пользовательских данных. Планировщик предназначен для управления учебно-исследовательской системой на основе интеллектуальных методов формирования персональных траекторий обучения. База данных предназначена для ведения данных об учебном курсе, пользователях, протоколах, отчётах и др. База знаний будет содержать знания о методике обучения, организации учебного процесса предоставления материала, критериях оценивания и пр. Подсистема настройки обучающей системы обеспечивает функции администрирования.

Заключение

В настоящий момент программно-математическая модель бортовой аппаратуры командно-измерительной системы находится в стадии разработки. Создана и развивается подсистема имитационно-графического моделирования, выполнено проектирование, ведутся работы по созданию программного обеспечения контрольно-проверочной аппаратуры и учебно-исследовательской системы. Разработка программного и информационного обеспечения программно-математической модели в полнофункциональном варианте рассчитана до конца 2015 года.

Литература

1. Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. Бортовые системы управления космическими аппаратами. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. – 304 с.
2. Разработка командно-измерительной системы для перспективных КА на базе платформы «Экспресс-4000». Методические указания. – Железногорск, 2012.
3. Packet Telecommand Standard (ESA PSS-04-107) Issue 2. European space agency (ESA). 1992. – 166 p.
4. Packet Telemetry Standard (ESA PSS-04-106) Issue 1. European space agency (ESA). 1988. – 73 p.
5. Вогоровский Р.В., Грузенко Е.А., Колдырев А.Ю. Моделирование протоколов передачи телекоманд и телеметрии / Проблемы информатизации региона (ПИР-2013): материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. С. 37-42.

Constructing the program and mathematical model of the command and measuring system of spacecraft onboard hardware

*Ludmila Fedorovna Nozhenkova, Prof., Head of Department of Applied Informatics
Olga Sergeevna Isaeva, Cand.Tech.Sci., Senior researcher
Evgeny Andreevich Gruzenko, graduate student
Institute of computational modelling SB RAS (ICM SB RAS)*

The simulation model of the command and measuring system of spacecraft onboard hardware is presented. The model contains tools for the graphical representation of all stages of telecommand and telemetry packets transmission.

Keywords: program and mathematical model, spacecraft, command and measuring system, simulation modeling.

УДК 528.8.04, 528.88

СТРУКТУРНАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Ксения Владиславовна Шатрова, ассистент
Тел.: +7 913 1952303, e-mail: KShatrova@sfu-kras.ru
Татьяна Александровна Янковская, канд. физ. - мат. наук, доцент
Тел.: +7 913 1952303, e-mail: TYankovskaya@sfu-kras.ru
Юрий Анатольевич Маглинец, канд. техн. наук, профессор
Тел.: +7 913 1952303, e-mail: YMaglinets@sfu-kras.ru
Сибирский федеральный университет
<http://www.sfu-kras.ru/>*

В статье рассматривается методика структурной геоморфологической интерпретации данных дистанционного зондирования Земли применительно к территории республики Хакасия, проведён структурный анализ элементарного уровня ландшафтной структуры.

Ключевые слова: ландшафт, данные дистанционного зондирования Земли, геоморфологическая интерпретация территории.

При поддержке гранта РФФИ № 13-07-98005

Введение

Сохранение и восстановление биологического разнообразия России в условиях возрастающей антропогенной нагрузки является одной из приоритетных задач, решаемых на уровне государственных программ Российской Федерации. Задачи планирования, оптимизации использования в хозяйственной деятельности и мониторинга процессов развития природно-территориальных комплексов должны решаться на основе комплексного анализа состояния и обеспечения сохранения природных ландшафтов.

Использование методов системного изучения природных и природно-антропогенных ландшафтов позволяет обеспечить целостный взгляд на указанные выше задачи и организовать их информационную поддержку. Это определило формирование в 60-70-е гг. XX века в отечественной географии такого направления фи-



К.В. Шатрова



Т.А. Янковская