

№ 3 (119) май-июнь 2020

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
(ОГУ имени И.С. Тургенева)

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Савина О.А. (Орел, Россия)
Раков В.И. (Орел, Россия)

*Сдано в набор 15.04.2020 г.
Подписано в печать 26.04.2020 г.
Дата выхода в свет 09.05.2020 г.
Формат 60х88 1/8.*

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.

Цена свободная

Заказ №

*Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95*

*Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»*

**Материалы статей печатаются в авторской редакции.
Право использования произведений предоставлено
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части
ГК РФ.**

Журнал входит в **Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий**, определенных ВАК для
публикации трудов на соискание ученых степеней
кандидатов и докторов наук.

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное
моделирование.....5-18
2. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах19-46
3. Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами.....47-55
4. Математическое и программное обеспечение
вычислительной техники и
автоматизированных систем.....56-81
5. Телекоммуникационные системы и
компьютерные сети.....82-95
6. Информационная безопасность и защита
информации.....96-123

Редакция

Н.Ю. Федорова
А.А. Митин

Адрес учредителя журнала

302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
(4862) 75-13-18; www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Нагорское шоссе, 40
(4862) 43-49-56; www.oreluniver.ru;
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой информации
ПИ №ФС 77-67168
от 16 сентября 2016 г.

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2020

№ 3 (119) May-June 2020

The journal is published since 2002, leaves six times a year
The founder – Orel State University named after I.S. Turgenev

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

Arhipov O.P. (Orel, Russia)
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)
Eremenko V.T. (Orel, Russia)
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Savina O.A. (Orel, Russia)
Rakov V.I. (Orel, Russia)

It is sent to the printer's on 15.04.2020

26.04.2020 is put to bed

Date of publication 09.05.2020

Format 60x88 1/8.

Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies

Free price

The order №

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of Orel State University
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95*

*Index on the catalogue
«Pressa Rossi» 15998*

Journal is included into the list of the Higher Attestation
Commission for publishing the results of theses for
competition the academic degrees.

In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-18
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....19-46
3. Automation and control of technological processes and manufactures.....47-55
4. Software of the computer facilities and the automated systems.....56-81
5. Telecommunication systems and computer networks.....82-95
6. Information and data security.....96-123

The editors

*Fedorova N.Yu.
Mitin A.A.*

The address of the founder of journal

*302026, Orel, Komsomolskaya street, 95
(4862) 75-13-18; www. www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru*

The address of the editorial office

*302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-49-56; www.oreluniver.ru;
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru*

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.
The certificate of registration
ПН №ФС 77-67168 от 16 сентября 2016 г.*

© Orel State University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

И.А. КОСЬКИН

Методы исследования процесса получения стереоизображений по ряду изображений, полученных с малым интервалом времени.....5-12

А.А. МИТИН, С.Ю. НАГОРНЫЙ, Е.В. НОВИКОВА

Особенности обучения искусственной нейронной сети GPT-2 при решении задачи генерации кулинарных рецептов.....13-18

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Д.И. ВАСИЛЬЕВ, Р.С. САТТАРОВ, Р.С. СИМАК

Технология создания программного обеспечения в сфере логистического менеджмента транспортных предприятий.....19-24

В.Н. ВОЛКОВ, И.С. КОНСТАНТИНОВ, А.А. СТЫЧУК, И.С. СТЫЧУК

Обобщенная графовая модель виртуальной файловой системы в облачных системах хранения и обработки данных для реализации виртуального предприятия.....25-36

И.Г. НЕУДАЧИН

Анализ рейтинговой конкурентоспособности вузов.....37-46

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

В.Т. ЕРЕМЕНКО, М.Н. ОРЕШИНА

Методологические аспекты математического моделирования тепло-массообменных процессов на примере замораживания термолабильных материалов.....47-55

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

О.В. АМЕЛИНА, А.П. ГОРДИЕНКО, А.В. ЧИЖОВ

Проверка типов в функциональных языках программирования, основанная на системе типов Хиндли-Милнера.....56-63

О.В. КОНЮХОВА, Э.А. КРАВЦОВА, П.В. ЛУКЬЯНОВ

Программная реализация на языке функционального программирования Haskell алгоритма двойного поиска К кратчайших путей.....64-73

П.П. АВРАШКОВ, В.С. ИГНАЧЕВ, Д.С. ИГНАЧЕВ, М.А. МАРОЧКИН, Ю.В. ПЕТРОВ, С.А. РУДЫКА,

Д.П. САННИКОВ, М.А. САПУНОВ, А.И. ФРОЛОВ, В.Д. ШОРИН

Программный имитатор закабинного пространства летательного аппарата с возможностью моделирования данных разноспектральных датчиков.....74-81

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Е.П. ДОЛГОВ, С.В. НОВИКОВ

Модель построения гибридного сегмента программно-конфигурируемой сети с использованием приложения контроллера.....82-90

А.С. КОЛУПАЕВА

Пространственная корреляция замираний.....91-95

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

А.П. ГОРЛОВ, Д.А. ЛЫСОВ, М.Ю. РЫТОВ

Математический метод интерпретации натурального эксперимента по оценке эффективности системы защиты данных в среде информационных порталов органов исполнительной власти.....96-102

А.В. ДЕМИДОВ

Формализация открытых протоколов аутентификации в терминах БАН-логики.....103-112

О.В. ДОРОГИНИНА, Е.В. КАРАЧАНСКАЯ

О математических моделях угроз безопасности информации.....113-123

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

I.A. KOS'KIN

Methods of research of the receiving process stereo images for a number of images obtained with a short time interval.....5-12

A.A. MITIN, S.Yu. NAGORNY'J, E.V. NOVIKOVA

Features of GPT-2 artificial neural network training when solving the problem of generating recipes.....13-18

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

D.I. VASIL'EV, R.S. SATTAROV, R.S. SIMAK

Technology of creating software in the field of logistics management of transport enterprises.....19-24

V.N. VOLKOV, I.S. KONSTANTINOV, A.A. STY'ChUK, I.S. STY'ChUK

Generalized graph model of virtual file system in cloud storage and data processing systems for implementation of virtual enterprise.....25-36

I.G. NEUDACHIN

Management of the rating competitiveness of universities.....37-46

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

V.T. ERYOMENKO, M.N. ORESHINA

Methodological aspects of mathematical modeling of heat and mass transfer processes on the example of freezing of thermolabile materials.....47-55

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

O.V. AMELINA, A.P. GORDIENKO, A.V. ChIZHOV

Type checking in functional programming languages, Hindley-Milner type system based56-63

O.V. KONYUXOVA, E'.A. KRAVCOVA, P.V. LUK'YANOV

The implementation of the double-sweep algorithm to solve the K-shortest path problem in Haskell.....64-73

P.P. AVRASHKOV, V.S. IGNACHYOV, D.S. IGNACHYOV, M.A. MAROCHKIN, Yu.V. PETROV, S.A. RUDY'KA,

D.P. SANNIKOV, M.A. SAPUNOV, A.I. FROLOV, V.D. SHORIN

Software simulator of the aircraft's outside space with the ability to simulate data from multispectral sensors.....74-81

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

E.P. DOLGOV, S.V. NOVIKOV

Model for building a hybrid segment software-configurable network using the controller APP82-90

A.S. KOLUPAEVA

Spatial correlation of fades.....91-95

INFORMATION AND DATA SECURITY

A.P. GORLOV, D.A. LY'SOV, M.Yu. RY'TOV

Mathematical method of interpretation of full-scale experiment to assess the effectiveness of the data protection system in the environment of information portals of executive authorities.....96-102

A.V. DEMIDOV

Formalization of open authentication protocols in terms of BAN logic.....103-112

O.V. DOROGININA, E.V. KARACHANSKAYA

On mathematical models of security risks of information.....113-123

П.П. АВРАШКОВ, В.С. ИГНАЧЕВ, Д.С. ИГНАЧЕВ, М.А. МАРОЧКИН, Ю.В. ПЕТРОВ,
С.А. РУДЫКА, Д.П. САННИКОВ, М.А. САПУНОВ, А.И. ФРОЛОВ, В.Д. ШОРИН

ПРОГРАММНЫЙ ИМИТАТОР ЗАКАБИННОГО ПРОСТРАНСТВА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДАННЫХ РАЗНОСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

В статье рассматриваются вопросы синхронного моделирования функционирования разноспектральных датчиков летательного аппарата в процессе его пролета над заданной местностью. Приводится описание способа моделирования на основе применения программного имитатора закабинного пространства. Выполнена формулировка задачи имитации закабинного пространства. Предложена архитектура программного обеспечения имитатора закабинного пространства. Определены методы моделирования функционирования камер видимого, SWIR и LWIR диапазонов, лазерного и радио-локаторов.

Ключевые слова: летательный аппарат; закабинное пространство; имитация; моделирование; информационно-измерительная аппаратура; модель местности; модель пролета.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед современным воздушным транспортом стоит множество различных задач: от транспортировки грузов до осуществления поисковых операций. При этом на успешность их проведения огромное влияние оказывают погодные условия, условия видимости, которые часто становятся причиной происшествий и катастроф.

Одним из возможных способов повышения безопасности при выполнении работ в сложных погодных условиях, условиях недостаточной видимости или низкой освещенности является оснащение летательных аппаратов комплексами информационно-измерительного оборудования, в состав которых может входить несколько различных датчиков. Такие системы могут служить для помощи экипажу в быстром принятии решений в экстремальной обстановке и включать в себя технические средства для определения типа местности при посадке на необорудованные площадки, зондирования толщины слоя снега и льда, лазерно-локационного сканирования с целью обнаружения малозаметных препятствий в сложных метеорологических условиях [1].

При том что сейчас активно ведутся теоретические исследования и практические разработки подобных комплексов [2, 3], их тестирование и настройка затрудняется необходимостью установки оборудования и проведения летных испытаний для получения определенного набора данных и оценки корректности работы датчиков.

Решением этой проблемы может служить использование программных средств для имитации реальных действий летательного аппарата и получения данных с виртуальных датчиков [4, 5].

Стоит отметить, что сейчас в авиации широко распространены различные симуляторы, способные моделировать и воспроизводить действия воздушных транспортных средств и используемые, например, для подготовки пилотов. Однако вышеописанная проблема, несмотря на ее актуальность, не рассматривалась в контексте создания специализированного программного обеспечения – имитатора закабинного пространства с возможностью синхронного моделирования функционирования разноспектральных датчиков.

В данной статье приводятся результаты работ по формулировке задачи имитации закабинного пространства и принципиальных архитектурных и функциональных решений в

части построения специального программного обеспечения имитатора закабинного пространства.

Работа проведена в ОГУ им. И.С. Тургенева в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 №218 (ПРОЕКТ 218) в рамках НИОКТР, выполняемой при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 074-11-2018-025 от 13.07.2018). Головной исполнитель НИОКТР – ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

ЗАДАЧА ИМИТАЦИИ ЗАКАБИННОГО ПРОСТРАНСТВА

Процесс имитации закабинного пространства декомпозируется на три последовательные задачи:

- моделирование местности;
- моделирование пролета летательного аппарата (ЛА);
- моделирование функционирования датчиков.

Под моделированием местности понимается:

- конструирование в интерактивном режиме подстилающей поверхности заданного типа(ов);
- расположение на подстилающей поверхности и задание параметров различных объектов;
- определение параметров окружающей среды (освещенности и погодных условий, включая температуру, туман, осадки);
- генерация трехмерной модели окружающей местности.

Подстилающая поверхность характеризуется гладкостью (равнинная, холмистая, гористая) и видом: поле; лес; кустарник; болото; скальный грунт; водная поверхность (характеризуется волнением и глубиной). Выделяется два вида покрытия подстилающей поверхности: ледяная поверхность; снежный покров (характеризуются толщиной).

Объекты для размещения на сцене должны быть доступны в библиотеке. Виды объектов (базовый перечень – возможно дополнение): отдельно стоящее здание; опоры и провода линий электропередач различной толщины; дымовая труба; мачта; грузовой и легковой автомобили; человек и группа людей; плот ПСН-10 (для водных поверхностей).

Подстилающие поверхности и объекты кроме традиционных для симуляторов свойств характеризуются температурой и радиолокационной отражающей способностью.

Должна быть обеспечена возможность имитации следующих метеорологических явлений (с регулируемой интенсивностью) при наблюдении моделируемой местности: туман; дождь; снегопад. Освещенность должна настраиваться путем задания источника света (солнце или луна) и интенсивности освещения.

Моделирование пролета летательного аппарата заключается в генерации требуемой для эксперимента траектории пролета (набора точек) и имитации движения ЛА по ней с фиксацией в каждой из точек следующего набора параметров: положение в пространстве (3 координаты); проекции вектора скорости на оси системы координат; ориентация (3 угла: курс, крен, тангаж); угловые скорости.

Генерация траектории осуществляется по нескольким (2 и более) заданным ключевым точкам. Результирующая траектория представляется набором точек положения центра масс ЛА с интервалом кратным 20 мс.

Моделирование функционирования датчиков (камер) заключается в синхронной генерации в каждой точке траектории модельной выходной информации каждого из датчиков. Для каждого датчика должны задаваться общие характеристики, такие как смещение точки крепления относительно центра масс, ориентация в пространстве, так и специфические, такие как углы обзора, разрешающая способность и т.д.

Моделируется функционирование следующих датчиков: 5 датчиков модуля переднего обзора (камера видимого диапазона, инфракрасные камеры SWIR и LWIR диапазонов, лазерный локатор, радиолокатор переднего обзора) и 3 датчика модуля нижнего обзора (камера видимого диапазона, инфракрасная камера SWIR диапазона, радиолокационная станция зондирования подстилающей поверхности).

АРХИТЕКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ИМИТАТОРА ЗАКАБИННОГО ПРОСТРАНСТВА

На основе анализа задачи имитации закабинного пространства была предложена архитектура, представленная на рисунке 1.

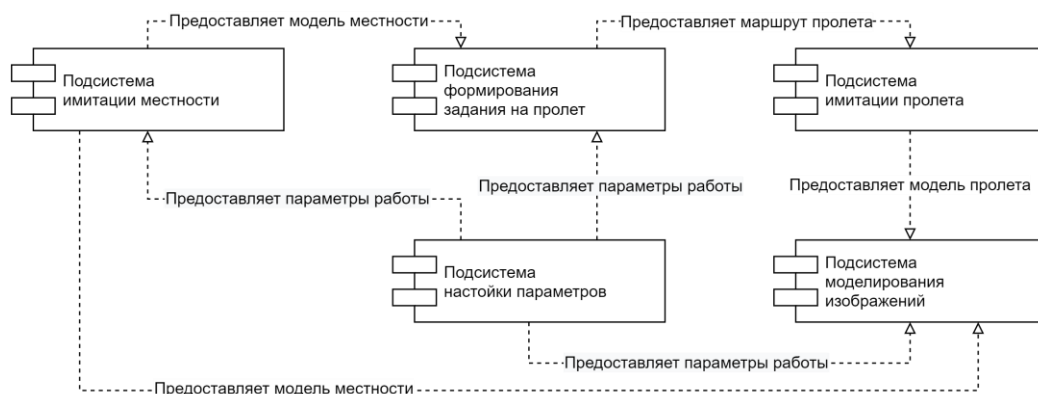


Рисунок 1 – Архитектура программного обеспечения имитатора закабинного пространства

Подсистема имитации местности обеспечивает формирование требуемой для целей моделирования окружающей обстановки. Ее основные функции: создание ландшафтов с определенными типами подстилающих поверхностей, расположение на местности различных объектов и задание их параметров, настройка погодных условий и условий видимости.

Основная функция подсистемы формирования задания на пролет – создание в интерактивном режиме маршрута движения летательного аппарата на выбранном участке местности.

Подсистема имитации пролета отвечает за движение летательного аппарата с учетом сформированных местности, маршрута и заданных технических характеристик, а также за генерацию полетной информации.

Подсистема моделирования изображений позволяет генерировать данные с датчиков переднего и нижнего обзора.

Подсистема настройки параметров отвечает за установку значений различных характеристик моделируемой местности, летательного аппарата и используемых датчиков.

Для проведения моделирования и генерации данных пользователю с помощью вышеперечисленных подсистем требуется:

- а) создать местность с требуемыми типами подстилающих поверхностей и установленными на ней объектами;
- б) определить погодные условия и условия видимости на местности;
- в) сформировать на полученной модели местности полетное задание, указав основные точки маршрута полета летательного аппарата;
- г) при необходимости внести изменения в настройки технических характеристик датчиков и летательного аппарата.

Общая схема функционирования программного обеспечения представлена на рисунке 2. Сконструированная пользователем модель окружающей местности, задание на пролет и

настройки системы имитации сохраняются в отдельные файлы, для их последующего использования в имитаторе полета, в ходе работы которого происходит генерация массивов выходных данных.

Таким образом, процесс функционирования имитатора закабинного пространства начинается с инициализации параметров генерации 3D-модели окружающего пространства. На данном этапе используются данные из файлов конфигурации с различными системными параметрами и заданные пользователем параметры местности и объектов на ней. Затем с помощью полученных данных происходит генерация 3D-модели участка моделируемого пространства.

С учетом созданной модели и разработанного пользователем полетного задания производится инициализация параметров полета, определяющая основные характеристики маршрута движения летательного аппарата.

После инициализации параметров следует процесс моделирования полета, в ходе которой производится создание детальной модели движения, представляющей собой набор точек с характеристиками положения летательного аппарата.

В зависимости от набора использованных датчиков и их характеристик в каждой точке полета генерируются выходные данные с датчиков, сохраняемые в указанном пользователем каталоге в памяти устройства.

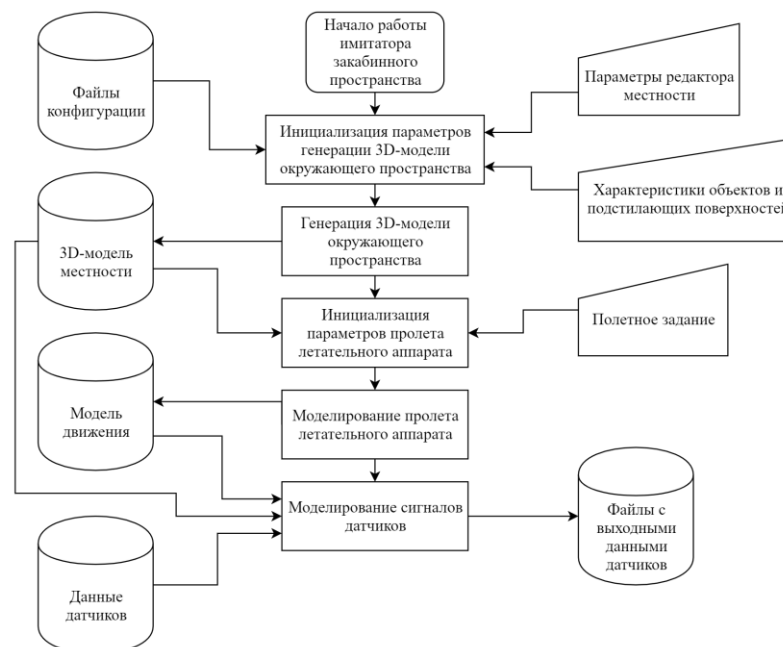


Рисунок 2 – Общая схема функционирования программного обеспечения имитатора закабинного пространства

Выходные данные с камер видимого и инфракрасного диапазонов, лазерных и радиолокаторов представляют собой наборы изображений в формате BMP.

Выходные данные с датчика радиолокационного зондирования подстилающей поверхности представляют собой наборы чисел, определяющих высоту летательного аппарата и толщины расположенных под ним поверхностей (снег и лед). Их сохранение происходит в текстовый файл.

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАТЧИКОВ

При формировании изображений камеры видимого диапазона (переднего и нижнего обзора) применяется рендеринг. В имитаторе закабинного пространства для формирования

изображений камеры видимого диапазона используется встроенный математический аппарат компонента «камера» среды разработки Unity, в которой реализован имитатор.

Изображения, получаемые с помощью инфракрасных камер SWIR (ближнего инфракрасного) и LWIR (дальнего инфракрасного) диапазонов моделируются следующими способами:

- для SWIR-датчика, из изображения видимого диапазона выделяется красная составляющая и представляется в виде отсчетов яркости в диапазоне от 0 до 255, в результате чего получается изображение в градациях серого цвета;
- для LWIR-датчика, для каждого объекта и подстилающей поверхности, исходя из заданных им температур, а также коэффициента экстинкции, рассчитывается интенсивность инфракрасного излучения, которая затем переводится в отсчеты яркости, после чего выполняется повышение контрастности изображения путем нормализации гистограммы.

Изображение лазерного локатора представляет собой двумерный массив вещественных чисел, соответствующих расстоянию. Массив формируется путем вычисления наклонного расстояния между точкой крепления датчика и i -й видимой точкой сцены в зоне обзора датчика.

Изображение радиолокатора переднего обзора представляет собой двумерный массив целых чисел, содержащий отсчеты яркости. Массив формируется путем пропорционального перевода суммы значений эффективной площади рассеяния (ЭПР) всех объектов и подстилающих поверхностей для каждого элемента разрешения радиолокатора в отсчеты яркости в диапазоне от 0 до $L/3$, где L – дальность обзора радиолокатора переднего обзора. В случае если в элементе разрешения находятся элементы местности с разным значением ЭПР, видимым считается тот, у которого значение ЭПР больше.

Радиолокатор зондирования подстилающей поверхности определяет толщину снега и льда в зоне обзора локатора путем вычисления средней разницы между расстоянием от ЛА до подстилающей поверхности и расстоянием от ЛА до снежной или ледяной поверхности, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный имитатор закабинного пространства способен снизить время разработки информационно-измерительных средств для летательных аппаратов, сократить расходы на проведение их тестовых запусков и большого количества летных испытаний. Это, в свою очередь, будет способствовать более быстрому внедрению новой аппаратуры летательных аппаратов и обеспечит повышение их безопасности.

Предложенные в работе архитектурные решения обладают рядом преимуществ и могут быть использованы при построении подобных программных систем.

В качестве направлений дальнейших исследований могут рассматриваться:

- создание имитаторов окружающей обстановки для других видов транспортных средств, оснащаемых различными датчиками;
- исследование и повышение качества методов моделирования отдельных датчиков;
- исследование вопросов распараллеливания и/или реализации на графических процессорах расчетных блоков программного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухин И.Е. Основные направления разработки и создания интегрированных бортовых систем обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов в сложных климатико-географических условиях и дефиците времени на принятие решения // Сб. науч. ст. по

- материалам IV Всероссийской науч.-практ. конф. «Академические Жуковские чтения» (23-24 ноября 2016 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – С. 141-145.
2. Брондз Д.С. Лазерно-телевизионный модуль в вертолетном комплексе обеспечения поисково-спасательных операций, проводимых в условиях Арктики // Сб. науч. ст. по материалам докл. V Международной НПК «АВИАТОР» (14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 97-102.
 3. Гармаш В.Н. Обработка многоспектральной информации в вертолетном комплексе обеспечения поисково-спасательных операций // Сб. науч. ст. по материалам докл. V Международной НПК «АВИАТОР» (14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 197-201.
 4. Андросов В.А., Епатко И.В. Задачи и принципы построения стендово-имитационной среды для отработки интегрированных комплексов бортового оборудования. – Радиотехника, 1996. – № 9. – С. 120-123.
 5. Исаев С.А., Кондратенков Г.С. Цифронатурные и летно-модельные методы испытания КБО. – Радиотехника, 1996. – № 9. – С. 124-128.

Аврашков Павел Петрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории специального программного обеспечения
Тел.: 8 960 646 11 64
E-mail: avrashkov@mail.ru

Игначев Валерий Сергеевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент бакалавриата
Тел.: 8 953 291 78 12
E-mail: valeriy223@yandex.ru

Игначев Денис Сергеевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент бакалавриата
Тел.: 8 950 692 84 85
E-mail: denizik1@mail.ru

Марочкин Максим Александрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент бакалавриата
Телефон: 8 910 301 94 45
E-mail: marmax199@gmail.com

Петров Юрий Витальевич

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
г. Санкт-Петербург
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиоэлектронных систем управления
Тел.: 8 921 926 63 39
E-mail: petrov-i4@yandex.ru

Рудыка Станислав Анатольевич

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
г. Санкт-Петербург
Начальник НИЧ
Тел.: 8 931 369 60 44
E-mail: dillon2000@mail.ru

Санников Дмитрий Петрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, заведующий лабораторией специального программного обеспечения

Тел.: 8 919 203 27 99
E-mail: sannikov@oreluniver.ru

Сапунов Михаил Алексеевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент магистратуры
Тел.: 8-953-612-12-45
E-mail: mikestravel@yandex.ru

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой программной инженерии
Тел.: 8 961 627 05 50
E-mail: aifrolov@mail.ru

Шорин Владислав Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Студент бакалавриата
Тел.: 8 996 161 86 91
E-mail: kniger33@gmail.com

P.P. AVRASHKOV (*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher at the Special Software Laboratory*)

V.S. IGNACHYO V (*Student*)

D.S. IGNACHYO V (*Student*)

M.A. MAROCHKIN (*Student*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

Yu.V. PETROV (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electronic Control Systems*)

S.A. RUDYKA (*Head of the research unit*)
Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Saint Petersburg

D.P. SANNIKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Head of Special Software Laboratory*)

M.A. SAPUNOV (*Master student*)

A.I. FROLOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of Software Engineering Department*)

V.D. SHORIN (*Master student*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

**SOFTWARE SIMULATOR OF THE AIRCRAFT'S OUTSIDE SPACE WITH THE ABILITY
TO SIMULATE DATA FROM MULTISPECTRAL SENSORS**

The article deals with the issues of synchronous modeling of the functioning of multi-spectral sensors of an aircraft during its flight over the terrain. A method of modeling based on the application of a software simulator of the aircraft's outside space is described. The formulation of the problem of simulation of the aircraft's outside space is performed. The architecture of the software simulator of the aircraft's outside space is proposed. Methods of modeling the functioning of visible, SWIR and LWIR cameras, laser and radio locators are defined.

Keywords: aircraft; aircraft's outside space; simulation; modeling; information and measuring equipment; terrain model; flight model.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Muhin I.E. Osnovnye napravleniya razrabotki i sozdaniya integrirovannyh bortovyh sistem obespecheniya bezopasnosti poletov letatel'nyh apparatov v slozhnyh klimatiko-geograficheskikh usloviyakh i deficite vremeni na prinyatie resheniya // Sb. nauch. st. po materialam IV Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. «Akademicheskie ZHukovskie chteniya» (23–24 noyabrya 2016 g.). – Voronezh: VUNC VVS «VVA», 2017. – S. 141-145.
2. Brondz D.S. Lazerno-televizionnyj modul' v vertoletnom komplekse obespecheniya poiskovo-spasatel'nyh operacij, provodimyh v usloviyakh Arktiki // Sb. nauch. st. po materialam dokl. V Mezhdunarodnoj NPK «AVIATOR» (14–15 fevralya 2019 g.). – Voronezh: VUNC VVS «VVA», 2019. – S. 97-102.
3. Garmash V.N. Obrabotka mnogospektral'noj informacii v vertoletnom komplekse obespecheniya poiskovo-spasatel'nyh operacij // Sb. nauch. st. po materialam dokl. V Mezhdunarodnoj NPK «AVIATOR» (14–15 fevralya 2019 g.). – Voronezh: VUNC VVS «VVA», 2019. – S. 197-201.
4. Androsov V.A., Epatko I.V. Zadachi i principy postroeniya stendovo-imitacionnoj sredy dlya otrabotki integrirovannyh kompleksov bortovogo oborudovaniya. – Radiotekhnika, 1996. – № 9. – S. 120-123.
5. Isaev S.A., Kondratenkov G.S. Cifronaturnye i letno-model'nye metody ispytaniya KBO. – Radiotekhnika, 1996. – № 9. – S. 124-128.