

Авиамоторная, д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, г. Москва, 111250
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00, www.russianspacesystems.ru, contact@spacecorp.ru
ОКПО11477389 ОГРН1097746649681 ИНН7722698789 КПП774550001

от 06.12.2023 № РКС 9-123

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по науке
АО «Российские космические системы»
доктор технических наук, профессор

А.В. Круглов

2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Махалова Дмитрия Александровича**

«Разработка комплекса моделей и методик автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени для пилотируемых орбитальных станций с использованием специализированного языка программирования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

1. Актуальность темы исследования

Диссертация Д.А. Махалова посвящена разработке методического аппарата автоматизированного анализа телеметрической информации (ТМИ) от пилотируемых орбитальных станций, пилотируемых и автоматических космических аппаратов (КА), а также средств их выведения. Известные модели и методы не позволяют с высокой оперативностью и точностью анализировать возрастающие объемы ТМИ КА. Рассматриваемые в диссертации модели и методы направлены на анализ ТМИ КА в реальном времени с повышенной точностью, а также наглядного отображения

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«06» 12 2023

результатов анализа в виде мнемосхем. Актуальность темы диссертации и ее практическая направленность сомнения не вызывают.

2. Новизна полученных результатов

В диссертации автором получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной и отличные от результатов, полученных другими авторами:

1) Лингвистическая модель языка описания алгоритмов анализа ТМИ (язык анализа ТМИ), отличающаяся от существующих возможностью в наглядной форме на высокоуровневом предметно-ориентированном языке описывать алгоритмы анализа ТМИ с использованием базовых и специализированных алгоритмов, а также близостью по синтаксису к наиболее популярным языкам программирования. Введён новый частный показатель качества языка программирования: степень унификации языка, показывающий близость синтаксиса языка к синтаксису популярных языков программирования. Показана высокая унификация разработанного языка. При этом разработаны новые синтаксические конструкции и операторы, ориентированные на обработку значений телеметрических параметров, которые делают код более компактным и выразительным. Например, для кодовых преобразований достигается выигрыш в среднем до 29%.

2) Методика визуализации и анализа телеметрической информации с применением мнемосхем визуализации результатов анализа ТМИ. Методика отличается использованием исходных данных на языке анализа ТМИ для управления поведением мнемосхемы, что позволяет формировать интерактивные динамические формы отображения в реальном времени, создавать комплексные мнемосхемы, использующие значения телеметрических параметров, поступающие с разных бортов (например, ракеты-носителя и выводимого ею корабля), что поднимает оперативный анализ ТМИ на новый качественный уровень.

3) Методика обработки и автоматизированного анализа телеметрической информации, содержащей медицинские параметры

космонавтов, с использованием нейросетей, что в отличие от существующих методик позволяет в реальном времени проводить фильтрацию сбойных значений, коммутировать несколько одновременно поступающих в ЦУП по разным каналам связи потоков ТМИ и выбирать из них наилучший. Кроме того, за счёт возможности дообучения нейросетей методика позволяет адаптироваться к индивидуальным особенностям космонавта. Методика реализована на языке анализа ТМИ и показала свою высокую эффективность в сравнении с использовавшимся ранее в ЦУП комплексом обработки медицинской информации.

3. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что полученные результаты вносят вклад в развитие прикладных элементов системного анализа, теории формальных языков программирования и методов искусственного интеллекта применительно к задачам анализа ТМИ космических аппаратов.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что разработанный методический аппарат позволяет сократить время и трудоёмкость подготовки средств информационно-телеметрического обеспечения к новым КА, обеспечить взаимодействие базовых алгоритмов обработки ТМИ со специальными алгоритмами анализа ТМИ. Благодаря тому, что подпрограммы на языке анализа ТМИ встраиваются в состав исходных данных, обеспечивается возможность разрабатывать и модернизировать алгоритмы анализа ТМИ без необходимости доработки программного обеспечения и проведения полного цикла испытаний. Подпрограммы, написанные на языке анализа ТМИ, исполняются интерпретатором изолированно друг от друга, что обеспечивает надёжность работы программного обеспечения обработки ТМИ, так как ошибка в одной подпрограмме не может нарушить работу других. Немаловажным аспектом практической значимости результатов исследования является их

реализуемость в составе действующих информационно-телеметрических комплексов для КА различного назначения.

4. Характеристика структуры и содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложения. Общий объем работы составляет 208 страниц, содержит 54 рисунка, 27 таблиц. В приложении 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и 4 акта внедрения. Список литературы включает 94 наименования.

Формулировка темы диссертации верно отражает решаемую в ней задачу и содержание исследования. Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Описанные в диссертации решаемые задачи соответствуют поставленной цели и согласуются с полученными результатами, которые отражаются в опубликованных автором научных работах. Материалы автореферата соответствуют содержанию диссертации.

Для достижения цели исследования соискателем сформулированы и решены следующие частные научно-технические задачи:

- проведён системный анализ существующих подходов к реализации автоматизированного анализа ТМИ в реальном времени, выполнена декомпозиция процесса обработки ТМИ на 4 этапа и 23 подэтапа;
- сформирована система показателей и критериев качества системы автоматизированного анализа ТМИ, введён новый частный показатель унификации языка программирования, показывающий близость языка к популярным языкам программирования;
- разработана лингвистическая модель языка описания алгоритмов анализа ТМИ (язык анализа ТМИ), основанная на синтаксисе современных языков программирования; описаны новые элементы языка, разработанные специально для оперирования значениями телеметрических параметров;

построена и записана в расширенных формах Бэкуса-Наура полная грамматика языка;

– разработаны алгоритмы автоматизированного анализа ТМИ с русского сегмента МКС, КА «Канопус-В», «Ресурс-П», разработаны нейросетевой алгоритм анализа ТМИ, содержащей медицинские показания космонавтов, нейросетевой алгоритм анализа отделения боковых блоков РН «Союз»; все алгоритмы описаны на языке анализа ТМИ и исполняются в составе действующих ЦУП КА;

– разработана методика формирования мнемосхем анализа ТМИ различных КА с использованием подпрограмм на языке анализа ТМИ, предназначенных для управления мнемосхемой на значений поступающих телеметрических параметров; разработан ряд мнемосхем, в т. ч. мнемосхемы для контроля процесса выведения транспортных кораблей «Союз МС» на ракете-носителе «Союз-ФГ», мнемосхема контроля состояния корректирующей двигательной установки многофункционального лабораторного модуля МКС «Наука» и др.;

– выполнена оценка полученных результатов и работоспособности разработанного методического аппарата и программного обеспечения, приведены рекомендации по использованию языка анализа ТМИ и других результатов исследования в составе информационно-телеметрического обеспечения ЦУП.

5. Оценка языка и стиля написания работы

Язык и стиль написания работы заслуживают положительной оценки. Материал написан понятным инженерным языком, в изложении прослеживается четкая логика.

6. Достоверность результатов исследования

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, обеспечена корректными постановками общей задачи исследования и каждой частной задачи, а также корректным

использованием при их решении методов системного анализа и исследования операций, положений теории информации.

Достоверность результатов исследования подтверждается результатами выполненных экспериментальных проверок и опытной отработки в составе действующих ЦУП КА.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертации результаты рекомендуется использовать:

- в центрах управления полётами космических аппаратов (АО «ЦНИИмаш», АО «НПО Лавочкина», АО «Корпорация ВНИИЭМ») для решения задач автоматизированного оперативного анализа ТМИ с КА;
- в центрах контроля полёта РКН на космодромах Восточный, Байконур, Плесецк для оперативного анализа ТМИ средств выведения;
- в ЦУП РС МКС в телеметрическом комплексе для контроля процесса выведения транспортных пилотируемых кораблей;
- в институте медикобиологических проблем (ИМБП) для контроля здоровья космонавтов при проведении экспериментов изоляции;
- в центре подготовки космонавтов для контроля здоровья космонавтов при проведении тренировок.

8. Замечания по диссертации

1) При разработке методики анализа телеметрической информации, содержащей медицинские параметры космонавтов, не указано, в каком объёме учтён опыт института медико-биологических проблем, центра подготовки космонавтов, а также методик, используемых в спортивной медицине.

2) В работе разработана методика формирования мнемосхем с применением подпрограмм на языке анализа, используемых для управления поведением фигур. Представляет интерес возможность применения указанной методики для управления трёхмерными мнемосхемами или трёхмерной моделью КА.

3) В работе не выполнена оценка трудоёмкости реализации разработанных методик в составе существующих программно-технических комплексов информационно-телеметрического обеспечения управления полётов КА, а также трудоёмкости изучения специалистами языка анализа ТМИ.

Отмеченные недостатки носят частный характер, не снижают научной и практической ценности полученных результатов исследования и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Вывод: Диссертация Махалова Д.А. «Разработка комплекса моделей и методик автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени для пилотируемых орбитальных станций с использованием специализированного языка программирования», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки комплекса моделей и методик автоматизированного анализа и отображения телеметрической информации от пилотируемых орбитальных станций в реальном масштабе времени. Задача имеет существенное значение для развития прикладных элементов системного анализа в части обработки информации и управления КА.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные положения и результаты, выдвинутые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе её автора в науку.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9, 10 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор данной


диссертации Махалов Дмитрий Александрович достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки).

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции №3 научно-технического совета АО «Российские космические системы» (протокол заседания от «6» декабря 2023 г. №12/03).

Советник директора проектов по созданию НАКУ КА, ИКК и информационно-телекоммуникационных систем, д.т.н.


Александр Исаакович
Жодзишский

Ведущий научный сотрудник отдела создания ЦУП и НКУ КА гражданского назначения, к.т.н.


Алексей Александрович
Янченко

Ученый секретарь АО «Российские космические системы», к.т.н, с.н.с



Сергей Анатольевич
Федотов

« 6 » декабря 2023 г.

С отзывом ознакомлен


06.12.2023г.