

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сарамуд Михаила Владимировича «Модельно – алгоритмическое обеспечение анализа отказоустойчивости программных комплексов встраиваемых систем управления реального времени», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)

Актуальность темы

Решение задач в сфере создания и эксплуатации отказоустойчивых встраиваемых систем управления реального времени является востребованной и активно развивается. В данном направлении востребовано повышение уровня автоматизации производственных линий, активное применение автономных беспилотных объектов для различных сфер применения (мультироторные системы с функцией фото-видео съемки, автоматические системы слежения и следования за объектом, а также автомобили с функцией автопилота и военные беспилотники). Такие объекты, подлежащие управлению, крайне критичны ко времени задержки в управлении и, следовательно, к надежности управляющего программного обеспечения, поскольку его отказы могут привести к существенным финансовым потерям, опасности для жизни и здоровья людей.

Работа соискателя направлена на разработку критичных к надежности систем управления, поскольку здесь востребованы средства и инструменты анализа отказоустойчивости. С их помощью можно выбрать наиболее подходящие модели, алгоритмы и структуру программной системы, которые позволят достичь требуемого уровня надежности. Поэтому выбранная тема диссертационного исследования по созданию модельно-алгоритмического обеспечения анализа отказоустойчивости программных комплексов встраиваемых систем управления реального времени, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Цель исследования отражает тематику диссертационной работы, и достигнута автором. Поставленные и решенные задачи соответствуют цели исследования, их последовательность и реализация в комплексе определяют актуальность и научность тематики работы.

Для достижения поставленной цели проанализированы программные комплексы критичных по надежности встраиваемых систем управления реального времени, жизненный цикл их разработки, а также модели надежности, надежность характеристики и методы повышения надежности ПО.

Автор корректно использует известные научные методы и подходы в обосновании полученных научных результатов, выводов и рекомендаций. Соискатель изучил, оценил и целенаправленно проанализировал известные достижения и теоретические положения отечественных и зарубежных авторов в области повышения отказоустойчивости программного обеспечения (ПО) за счет получения оценок надежности программных модулей на этапе проектирования и алгоритмов принятия решения в мультиверсионных системах.

Список использованной литературы состоит из 153 наименований, содержательная часть которых позволяет выполнить качественный анализ существующих программных комплексов встраиваемых систем управления реального времени.

По результатам исследования автор сформировал типовую структуру встраиваемой системы управления реального времени, обосновал выбор операционной системы реального времени в качестве её основы, предложил комбинированный селективный алгоритм компоновки состава мультиверсионного программного комплекса (основанный на моделях «дерева сбоев» и корректности), описал программную реализацию алгоритма.

Кроме это соискатель проанализировал существующие алгоритмы принятия решения в мультиверсионных системах, предложил собственные модификации, а также имитационную среду моделирования для их сравнительного анализа и выбора.

В качестве практических реализаций инструментальных средств повышения отказоустойчивости программных комплексов систем управления реального времени представлены: имитационная среда выбора методологии повышения отказоустойчивости системы с программной избыточностью; мультиверсионная среда исполнения реального времени; дезэтрофикационная модель предсказания времени наработки на отказ.

Полученные автором результаты основываются на согласованности данных эксперимента и научных выводах. Достоверность полученных результатов подтверждается результатами, полученными в мультиверсионной среде исполнения реального времени, реализующей предложенные модели и алгоритмы, а также результатами моделирования в имитационных средах. Представленные в работе программные реализации прошли регистрацию в Роспатенте.

По теме диссертации автором опубликовано 19 работ (из них 5 – в рецензируемых изданиях по списку ВАК РФ и 6 в зарубежных изданиях), в которых материалы диссертации отражены достаточно полно и апробированы на 9 научно-практических конференциях различного уровня.

Оценка новизны и достоверности

Следуя структуре и содержанию рукописи диссертации, далее представлена оценка степени достоверности и новизны, обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Во введении имеются необходимые краткие материалы, отражающие значимость, функциональное и структурное содержание выполненных исследований.

В первом разделе (главе) соискатель на основании трудов различных исследователей рассмотрел теоретические и практические аспекты проектирования отказоустойчивых систем управления, в том числе модели и методы повышения надежности программной составляющей критичных по надежности систем управления. Сделан верный вывод об эффективности мультиверсионной модели и подчеркивается важность обоснованного выбора модели повышения отказоустойчивости посредством построения типовой структуры системы управления, включающей в себя программную составляющую, аппаратные и программные интерфейсы.

К изложенному в данном разделе материалу имеются замечания и предложения: 1) материал с 13 по 19 страницы носит учебно-методический характер; 2) имеются слишком длинные предложения (более 50 слов), что затрудняет процесс восприятия информации; 3) в подразделе «Выводы» автор ссылается на работы Ковалева И.В. [74-83] и Царева Р.Ю. [84-93], однако в разделе (главе) отсутствуют какие-либо поясняющие материалы о роли и важности данных работ в проектировании отказоустойчивых систем управления.

В целом изложенный материал первого раздела логичен, отражает правильность научно-обоснованных выдвинутых гипотез и полученных выводов. В итоге, соискатель продемонстрировал умение видеть проблемы и возможные пути их разрешения.

Во втором разделе представлен научно-обоснованный анализ необходимости применения ОС на целевых аппаратных платформах, сделан правильный вывод о предпочтительности использования в качестве основы среды исполнения модифицированной операционной системы реального времени. Решение о модификации можно считать верным, поскольку наполнит систему элементами многозадачности, временной базой, механизмом обмена данными между задачами (очередями), механизмами синхронизации, а также возможностью работы в реальном времени.

Замечания относительно представленного материала: 1) на стр. 102 имеется рис. 18 – UML-диаграмма активности. Из рисунка неясно: куда направляются команды в случае обнаружения ошибки? 2) в подразделе «выводы» (стр. 110) полученные результаты представлены в декларативной (осведомительной) форме без пояснений о важности и значимости полученных научных результатов.

Материал третьего раздела посвящён комбинированному селективному алгоритму, который основан на модели «дерева сбоев», ранее применяемой для аппаратной надежности. Автору удалось расширить возможности алгоритма с целью возможности учета аппаратных и программных сбоев. Модель «дерева сбоев» рассматривалась для систем восстанавливающихся блоков, N-версионного программирования, программирования с самопроверкой, с $t/(n-1)$ алгоритмом принятия решения. Данные системы программно реализованы соискателем. Предложенные решения и их анализ реализованы программно на основе предложенной методики расчета параметра корректности.

Предложенный селективный алгоритм, в конечном итоге, позволил соискателю изучить влияние входных параметров надежности с позиции корректности и вероятностей возможных сбоев в системе.

Следует также выделить некоторые замечания, вытекающие из рассмотрения данного раздела диссертации: 1) не представлено описание возможных событий: какова их природа, имеется ли их статистика, как оценить их с помощью теории вероятности; 2) интерфейс программного обеспечения задач можно назвать дружественным лишь условно, поскольку он понятен только разработчику; 3) неясно, что означает «чувствительность системы» к изменению вероятностей возникновения связанной ошибки (стр. 126); 4) общая формула (22) не согласуется с математическими выражениями определения величины параметра корректности рассматриваемых моделей. В (22), вместо знака суммы следовало изобразить знак произведения, а в начале формулы поставить знак суммы.

Материал четвертого раздела включает анализ базовых алгоритмов голосования для блока принятия решений, который позволил соискателю сделать вывод о недостаточной устойчивости существующих алгоритмов к межверсионным ошибкам. Автор предложил модификации базовых алгоритмов голосования, которые были реализованы в программном инструменте – имитационной среде, с целью их проверки и сравнения эффективности. Положительный фактор модификации заключается во введении динамической оценки надежности каждой версии или ее «веса», имеющей элемент забывания.

Замечание по разделу: формула (34) справедлива для одной версии, но не для многих.

В пятом разделе автор для практической апробации результатов работы разработал имитационную среду, реализующую рассмотренные мультиверсионные модели и модифицированные алгоритмы голосования в них. Соискатель подтвердил адекватность результатов предлагаемых моделей путем сравнения основных мультиверсионных моделей по количеству допущенных ошибок в одинаковых условиях и сопоставления различных алгоритмов принятия решения в мультиверсионных системах.

Замечание по разделу: 1) в пункте 5.1 (стр. 171) неясно, в каких границах на практике можно рассматривать диапазон допуска ϵ для нечетких алгоритмов голосования? 2) на страницах 174-177 представлены ссылка на работы (соответственно [148], [149], [150] и [152]), которые либо не уместны, либо создают впечатление о том, что выполнение исследования не принадлежат автору.

В «заключении» последовательно изложены основные решения, выработанные в результате выполненной научно-исследовательской работы, а также их возможности в достижении поставленной цели.

Что касается представленного списка использованной литературы, работы в нем соответствуют тематике исследований. Автор сослался на 13 своих работ из 19, представленных в автореферате.

В итоге новизна и достоверность полученных автором основных научных результатов заключается в нижеследующем:

а. Сформирована типовая структура мультиверсионной системы управления, на базе которой разработана имитационная среда моделирования с целью оценки характеристик модулей операционной системы реального времени.

б. Предложен и реализован селективный алгоритм оценки эффективности мультиверсионных моделей, позволивший выявить верхнюю и нижнюю границы надежности системы управления в реальном времени.

в. Модифицированы алгоритмы принятия решения в мультиверсионных системах, обеспечивающие повышение надежности блока принятия решения.

г. Опираясь на экспоненциальный закон распределения случайной величины построена и апробирована модель предсказания времени наработки на отказ системы управления.

Значение для теории и практики

Полученные автором результаты вносят существенный вклад в теорию анализа отказоустойчивости программных комплексов систем управления. Теоретическая значимость состоит в разработке модифицированных моделей оценки надежностных характеристик программных комплексов систем управления. Предложен ряд программных инструментов, позволяющих разработчикам отказоустойчивых программных комплексов систем управления реального времени автоматизировать процесс решения задачи компоновки конфигурации мультиверсионного программного комплекса. Кроме этого, данные инструменты позволяют строить оптимальную структуру разрабатываемой системы управления, определять необходимые алгоритмы принятия решения и требования к надежностным характеристикам модулей системы.

Таким образом, основные результаты диссертации свидетельствуют об их важности, прежде всего в практической плоскости, поскольку связаны с целью исследований и обеспечивают решение поставленных задач.

Практическая ценность обусловлена наличием разработок, их реализация нашла свое отражение в расширении теоретических знаний студентов и

применении в системах управления реального времени. Практическая значимость диссертации непосредственно вытекает из её научной новизны.

Замечания по диссертационной работе

При подведении итогов оценки новизны и достоверности полученных результатов обозначены замечания, обобщение которых представлено далее:

1. Представлены материалы (например, на с 13-й по 19-ю страницы), которые имеют учебно-методический характер, а также слишком длинные предложения (более 50 слов), что затрудняет процесс восприятия информации.

2. В подразделе «Выводы» первой главы, автор ссылается на работы Ковалева И.В. [74-83] и Царева Р.Ю. [84-93], однако в данной главе отсутствуют какие-либо поясняющие материалы о роли и важности этих работ в проектировании отказоустойчивых систем управления.

3. Общая формула (22) на стр. 132 не согласуется с математическими выражениями определения величины параметра корректности рассматриваемых моделей. В данном математическом выражении, вместо знака суммы следовало изобразить знак произведения, а в начале формулы поставить знак суммы.

Формула (34) на стр. 150 справедлива для одной версии, но не для многих.

4. На страницах 174-177 представлены ссылка на работы (соответственно [148], [149], [150] и [152]), которые либо не уместны, либо создают впечатление о том, что результаты выполненной работы не принадлежат автору. Возможно соискатель неверно применил ссылки в тексте.

Указанные замечания в целом не снижают ценность полученных результатов и общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Рассматривая работу в целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области построения моделей и разработки алгоритмов анализа отказоустойчивости программных комплексов встраиваемых систем управления реального времени и имеют как практическую, так и теоретическую значимость. Имеющиеся результаты соответствуют сформулированной теме. Поставленные в работе задачи решены полностью. Достоверность теоретических результатов работы подтверждается сопоставлением теоретических и экспериментальных данных, полученных в результате комплексного исследования. О достоверности результатов работы свидетельствует отсутствие противоречий с результатами исследования выполненного автором и ранее проведенных исследований другими учеными.

Работа базируется на исходных данных, достаточном количестве примеров и расчетов. Диссертация написана доходчиво, грамотно. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Положения, выносимые на защиту, и результаты работы прошли многократную апробацию на конференциях различного уровня.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Автореферат и диссертация оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Диссертационная работа направлена на решение научных задач в области системного анализа, управления и обработки информации, выполнена на актуальную тему, является завершённой научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии), а ее автор - Сарамуд Михаил Владимирович -

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры
«Информационные технологии и системы»,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Хакасский государственный
университет им. Н.Ф. Катанова»

А.С. Дулесов

Научная специальность – 05.13.01 «Системный анализ, управление и
обработка информации (по отраслям)

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный
университет им. Н.Ф. Катанова»,
655017, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92/1,
Тел.: 8(390)2-222-432
E-mail: dulesov@khsu.ru

Подпись официального оппонента Александра Сергеевича Дулесова заверяю:

Ученый секретарь Хакасского государственного
университета им. Н.Ф. Катанова,
доктор исторических наук, профессор

Н.Я. Артамонова

«28» августа 2018 г.

