

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04

Повестка дня:

Защита диссертации **Саидом Басем Абдулсалам Салех**

на соискание ученой степени *кандидата технических наук*:

**"Совершенствование функциональных характеристик кодеков систем управления реального времени на базе когнитивного процессора"**

Специальность:

**05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».**

Официальные оппоненты:

**Воловач Владимир Иванович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационный и электронный сервис, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти, Самарской области

**Лихобабин Евгений Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.ф. Уткина», г. Рязань

Ведущая организация – **ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"**

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.04  
от 07 сентября 2022 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г., председатель Со- вета	д.т.н., профессор	05.13.12	технические науки	Очно
2.	Киселев С.К. зам. председателя Со- вета	д.т.н., доцент	05.13.05	технические науки	Очно
3.	Наместников А.М., ученый секретарь Совета	д.т.н., доцент	05.13.12	технические науки	Очно
4.	Браже Р.А.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
5.	Васильев К.К.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
6.	Гладких А.А.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
7.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	технические науки	Очно
8.	Иванов О.В.	д.ф.-м.н., доцент	05.13.05	технические науки	Очно
9.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
10.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно
11.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.12	технические науки	Очно
12.	Пиганов М.Н.	д.т.н., профессор	05.13.05	технические науки	Дистан- ционно
13.	Самохвалов М.К.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
14.	Сергеев В.А.	д.т.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
15.	Смирнов В.И.	д.т.н., профессор	05.13.05	технические науки	Очно
16.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.01	технические науки	Очно

Председатель Совета,  
д.т.н., профессор

Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета  
д.т.н., доцент

А.М. Наместников



Председатель

**Уважаемые коллеги!**

На заседании диссертационного Совета Д212.277.04 из **23** членов Совета присутствуют 16 человек. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»** (технические науки) на заседании присутствуют 7 докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Саидом Басем Абдулсалам Салех** по теме: *"Совершенствование функциональных характеристик кодеков систем управления реального времени на базе когнитивного процессора"*.

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете

Научный руководитель - **д.т.н., профессор Гладких А.А.**

**Официальные оппоненты:**

**Воловач Владимир Иванович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационный и электронный сервис, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти, Самарской области

**Лихобабин Евгений Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.ф. Уткина», г. Рязань

Присутствуют оба оппонента.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация - **ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"**.

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета **Д212.277.04** д.т.н. **А.М. Наместникову** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Саидом Басем Абдулсалам Салех** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- отзыв научного руководителя;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Саиду Б.А.С.** в **15** научных работах, в т.ч. в **3** **статьях в изданиях из перечня ВАК, 1 публикации индексируемой Scopus, получен 1 патент.** Соискатель представлен к защите **18.05.2022 г.** (протокол №4). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **02.06.2022 г.**

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ФИС ГНА.

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Саиду Б.А.С.** по личному делу? (Нет).

**Басем Абдулсалам Салех,** Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

(Соискатель излагает основные положения работы - вставляется текст доклада).

Уважаемая Надежда Глебовна, уважаемые члены диссертационного совета вашему вниманию представляется диссертационная работа на тему: «Совершенствование функциональных характеристик кодеков систем управления реального времени на базе когнитивного процессора».

Интенсивное развитие многообразных систем управления во многом связывается с развитием телекоммуникационных систем поскольку в зависимости от своего назначения системы управления используют широкий спектр типов каналов связи, начиная от радиоканалов и завершая оптическими каналами связи. Особое значение радиоканалы играют в перспективных системах беспилотного режима работы одиночных объектов или группы подвижных средств. Оптические каналы связи играют важную роль в системе управления атомных электростанций, в системе распределения энергоресурсов, в центрах обработки данных и особенно в бортовых сетях многих мобильных объектов, а также в решении задач робототехники.

Непреложным фактом является то, что все каналы связи вне зависимости от их типов в системах управления подвержены влиянию помех. Эффективным методом борьбы с которыми являются средства помехоустойчивого кодирования.

На слайде представлены актуальные направления развития таких систем наиболее важными являются пункты 1 и 4

1. Не корректен имеющийся опыт назначения диапазона значений целочисленных мягких решений символов (ЦМРС), востребованных оперативной обработкой цифровых команд управления реального времени.

4. Отсутствует научно обоснованный подход к применению в процессорах приемников систем управления комбинированных методов декодирования избыточных кодов с использованием элементов алгоритма «распространения доверия».

Обобщенная структурная схема практически любой системы управления в своем составе имеет канал прямой и обратной связи между управляющей системой с наперед заданной целевой функцией и объектом управления. По прямому каналу передаются команды управления, а по обратному каналу передаются данные о достижении целевой функции управления. На эти каналы могут действовать естественные помехи, антропогенные помехи и также перехват и анализ сигналов управления с целью оптимизации преднамеренных помех. Главные показатели СУ перечислены справа. Схемная реализация объекта управления нормируется показателем вероятности ошибки на бит как  $10^{-6}$ . Однако в среде обмена командами управления вероятность ошибки на бит может изменяться в широких пределах от  $10^{-1}$  до  $10^{-5}$ . Поэтому в работе основное внимание уделено обеспечению функциональной надежности СУ за счет обеспечения информационной надежности.

Классификация методов достижения функциональной надежности системы управления представлена на слайде. Аспекты программно-аппаратная надежности в работе не рассматривается т.к. этот параметр нормируется, как было показано выше. Информационная надежность обеспечивается за счет мажоритарных методов или методов помехоустойчивого декодирования, на которые в свою очередь опираются алгебраические методы, а также алгоритмические методы и алгебраические методы с системой итеративных преобразований данных. Последним двум методам в работе уделено основное внимание. В зависимости от этого общая классификация СУ может быть представлена схемой на рисунке 2.

Целью работы является разработка методов обеспечения высокой информационной надежности передачи цифровых команд управления на базе кодеков с перестановочным декорированием и системой когнитивных карт. Объект исследования и предмет исследования показаны ниже.

Для достижения поставленной цели требуются решить показанные задачи на слайде: основными из них являются задачи 1 и 3

1. Теоретически обосновать и разработать метод выбора граничных значений мягких решений символов (МРС) для каналов различной физической природы.

3. Разработать способ, априорного выявления непроизводительных перестановок на базе весовых спектральных характеристик помехоустойчивых систематических блоковых кодов.

Научная новизна решенных задач:

1. Определены оптимальные, в смысле оценки верхних граничных значений целочисленных МРС, которые отличаются учетом свойств используемых каналов связи.

2. Впервые предложен метод мягкого декодирования комбинаций избыточных кодов, который отличается снижением вычислительных затрат при использовании принципа «распространения доверия».

3. Разработан регулярный метод поиска комбинаций непроизводительных подстановок, который исключает переборный метод поиска таких подстановок за счет учета весового спектра кода и процедуры разбиения пространства кодовых комбинаций на кластеры.

4. Предложен алгоритм быстрого поиска образующей комбинации, который отличается сочетанием двунаправленных циклов поиска образующей комбинации.

5. Разработано устройство перестановочного декодера, которое отличается упреждающим выявлением непроизводительных перестановок.

Основные положения, выносимые на защиту представлены на слайде. При этом область исследования данной работы соответствует пунктам 1 и 3 паспорта специальности 05.13.05.

Для защиты команд управления используются избыточные коды, которые могут иметь 3 режима работы первый режим для исправления ошибок (ИО), характеристика которого показана на рисунке 1, а второй режим – мягкое декодирование (МД) с соответствующей характеристикой на рисунке 1. Видно, что между первым и вторым режимом разница, составляет около двух децибела в пользу второго режима. А третий режим реализует перестановочное декодирование (ПД), который с точки зрения энергетического выигрыша является наилучшим из трех представленных режимов. Это тенденция сохраняется для всех блоковых кодов.

Из этих выражений становится ясно, что безызбыточные коды в принципе не могут обеспечить энергетический выигрыш.

Анализ приведенных характеристик указывает на явный максимум, который может быть оценен классическим методом поиска экстремума как показано справа от рисунка.

С практической точки зрения это указывает на то, что максимальный выигрыш достигается тогда, когда избыточность приблизительно равняет длине информационного вектора. Т.е. когда относительная скорость кода  $R$  равна 0,5. В этом районе показатель  $R$  имеет незначительные изменения, что определяет зону некоторой свободы выбора относительной скорости кода  $R$ .

Показано, что системы управления оцениваются параметром энергетического выигрыша.

В теории помехоустойчивого кодирования принято считать разницу между системами с безызбыточным кодированием для различных режимов декодирования: ИО, МД и ПД при фиксированной вероятности ошибки на бит  $10^{-6}$  как программно-аппаратную надежность. Это было показано выше.

Эффективность защиты по критерию энергетического выигрыша представлена в таблице. Наиболее эффективными являются режимы 6 и 7.

Необходимым и достаточным условием реализации перестановочного декодера является выработка приемником мягких решений. Наиболее распространенной схемой выработки таких решений является схема Витерби, имеющая 19 порогов принятия решений, что нерационально с точки зрения реализации метода в оптических каналах связи.

В работе исследовалась схема с пятью порогами на базе стирающего канала связи. Достоинством схемы является отсутствие требования к знанию параметров канала связи. Предложенная схема проста в реализации.

Исследования показали, что во многих системах управления активно используются оптические линии связи особенно в бортовых системах.

В ходе работы было выявлено, что максимальное значение ПРВ в обычных каналах управления существенно отличаются от аналогичных значений в оптических линиях.

Зависимость ПРВ для обычных каналов показана на рисунке 1. Заметно, что максимум ПРВ достигает значение 1,2 и нет необходимости этот максимум оценивать оценкой 7.

Предложено снизить максимальную оценку в таком канале до оценки 3. Это дает ряд преимуществ при сортировке символов и итеративных преобразованиях символов, как будет показано ниже. Предложенная оценка показана на рисунке 2 красным.

С математической точки зрения вероятность появления оценки 3 объединяет вероятности для оценок 6 и 7 в известной классификации поскольку ПРВ не меняется как показано на рисунке 3. Поэтому в случае сортировки оценок на длине в 15 символов замечен несущественный выигрыш для варианта с оценкой 3 как показано в таблице.

Учитывая успехи в развитии оптических систем связи, оптические линии стали активно внедряться в современные системы управления и особенно в бортовые системы управления. Для оптических каналов связи дисперсия оценивалась по результатам испытаний, отдельные элементы которых показаны на слайде.

Тогда аналитическая модель с модуляцией РМ-4 достаточно хорошо описывает физический процесс.

На слайде представлены результаты имитационного моделирования канала с АВГШ для различных максимальных оценок 3 и 7 при условии, что изучалась частота ошибочной фиксации максимальной оценки. Это явление вызывает определенные трудности при реализации ПД. Т.к. появление хотя бы одного ошибочного символа с максимальной оценкой МРС однозначно приводит к ошибке декодирования кодового вектора. Заметно, что с увеличением отношения сигнал/шум число максимальных оценок МРС ожидаемо возрастает, а вероятность ошибочных фиксаций таких оценок убывает.

При формировании мягких решений символов в зависимости от типа канала связи объективно возможно появление ошибок первого и второго рода, которые могут оказать негативное влияние на реализацию перестановочного декодирования. Аналитическое моделирование различных каналов связи показывает, что в оптических системах ошибки первого рода минимальные, в то время как в каналах с АВГШ они могут оказать существенное влияние на результат обработки данных. Для снижения отрицательного эффекта от ошибок первого рода в работе предлагается использовать метод «распространение доверия», который объединяет алгебраическое декодирование с возможностями исправления ошибок за счет мягких решений, что подчеркивается формулой 2.

Примеры реализации алгоритма Бала в системе «распространения доверия» показаны на слайде.

Для объективной оценки метода «распространение доверия» была реализована программа работы процессора СУ по алгоритму «распространения доверия». Важным результатом исследования является то, что при максимальной оценке 3 вектор из 15 символов преобразуется к правильному виду за 7 шагов вместо 15 шагов при максимальной оценке 7 и именно это обеспечивает выигрыш в 50% временного интервала обработки данных в СУ. Это тенденция сохраняется для любого избыточного кода.

Возникает вопрос, какой из критериев эффективности рассматриваемых систем управления взять за основу? Условием применения систем управления  $H$  в целевой функции управления отвечает набор алгоритмов  $N$ .

Временные параметры  $T$  систем управления зависят от типа ПЛИСа, в частности от тактовой частоты процессора. Наиболее совершенная ПЛИС «АЛЬТЕРА» работает с частотой 500 МГц, тогда на синдромное декодирование для выбранного кода уходит 78 нс, а перестановочное декодирование для этого же кода займет 64 нс.

Да, выигрыш есть, но в масштабах систем управления он практически не заметен. Другое дело вероятностная характеристика, которая показывает уменьшение вероятности ошибки на бит, выраженной в децибелах. Этот параметр является значительным и т. о. эффективность ПД целесообразно оценивать именно по нему.

Суть перестановочного декодера показана на слайде, и она заключается в том, что вместо применяемого в системе основного кода за счет выбора наиболее надежных символов применяется эквивалентный код с новой порождающей матрицей, структура которой зависит от текущей перестановки принятых символов. Здесь надежные символы показаны зеленым цветом, а ненадежные красным цветом.

Основной проблемой такого подхода являются вероятности появления таких перестановок, которые приведут к вырожденным переставленным матрицам. Это не позволяет получить эквивалентный код. Априори выявления таких матриц представляет актуальную научную задачу, позволяющую оперативно выявить перестановки непроизводительного характера и учесть их в когнитивной карте декодера.

Замечательным свойством перестановочного декодирования в отличие от всех других известных методов является то, что все допустимые перестановки могут быть вычислены заранее и сохранены в когнитивной карте декодера.

В ходе исследования было выявлено, что все перестановки образуют не пересекающиеся орбиты во главе с образующей комбинацией, которая единственным образом связывается с порождающей матрицей эквивалентного кода. Таким образом экономится память когнитивной карты, но при этом поиск нужной перестановки требует дополнительных небольших вычислений.

Каждая образующая комбинация указывает на связь со своей эталонной матрицей, которые для кода Хемминга показаны справа от таблицы. Таким образом, нет необходимости хранить все порождающие матрицы в когнитивной карте. Достаточно хранить только матрицы образующих комбинаций. Это экономит память когнитивной карты декодера, но вызывает необходимость вычислить параметр действующей перестановки.

Суть алгоритма поиска образующей комбинации заключается в том, что он является двунаправленным, один цикл осуществляется со



сдвигом в право, а другой со сдвигом в лево. Общая задача найти комбинацию минимального веса нумераторов, которая должна быть записана в когнитивной карте. Это комбинация будет образующей орбиты.

Любой трансформации орбиты соответствует линейная трансформация эталонной матрицы. Всё это говорит о том, что нет смысла хранить все комбинации орбит, достаточно хранить только образующие комбинации и за счёт соответствующих перестановок трансформировать эталонную матрицу к необходимой матрице эквивалентного кода.

При циклическом сдвиге нумераторов образующей комбинации происходит циклический сдвиг строк эталонной проверочной матрицы снизу-вверх, как указано стрелкой.

Для ПД важно заранее оценить количество непроизводительных перестановок и последовательность нумераторов элементов таких перестановок. Для этого требуется оценка весового спектра кода и перечень всех разрешённых комбинаций кода.

В качестве примера на слайде представлены таблица и весовой спектр для кода Хемминга. Из таблицы видно, что непроизводительные перестановки принадлежат спектру перестановок с минимальным весом. Это значит, что такие комбинации образуются за счёт позиций, соответствующих нулевым символам. Этот факт позволяет сделать предположение о роли весового спектра кода для выявления непроизводительных перестановок. При этом сохраняется свойство цикличности для подобных нумераторов.

Важно выяснить как много в коде непроизводительных перестановок? Анализ на основе кластерного разбиения и оценка весового спектра показывает, что таких перестановок будет около 10% от общего количества перестановок.

Таким образом ПД обеспечивает повышенную функциональную надежность системы управления за счет полученного энергетического выигрыша, что совпадает с передовыми технологиями турбокодирования границы, которого показаны на графике прямыми линиями.

В ходе исследования было выявлено, что для конкретного кода может быть выбрана единственная перестановка в виде конкретной комбинации из состава проверочных символов. Это означает, что для такой перестановки не требуется сортировка символов, а переставленная матрица будет единственной.

Представленные исследования показали реализуемость подобной процедуры и данное направление следует считать перспективным продолжением данной работы.

В работе предлагается устройство, в котором активно используется блок отрицательных решений для выявления непроизводительных перестановок, без обращения к когнитивной карте декодера, что обеспечивает минимизацию объема когнитивной карты декодера и повышает скорость обработки данных.

Выводы по диссертационной работе:

1. Доказана целесообразность снижения максимальной оценки в системе формирования МРС, позволившая получить временной выигрыш при ранжировании нумераторов кодового вектора и одновременно обеспечить снижение на 50% числа итеративных преобразований в процессоре приемника цифровых команд управления.

2. Доказана необходимость применения технологии обособленного дополнительного контроля именно проверочных разрядов

кодového вектора в кодеках СУ с целью повышения эффективности процедуры поиска результативных перестановок по трансформации условных вероятностей нумераторов символов методом «распространения доверия».

3. Показано, что система предварительного вычисления подмножества эталонных матриц и их лексикографического хранения, обеспечивает снижение требований к объему памяти когнитивной карты декодера за счет использования свойств циклических орбит допустимых в коде перестановок.

4. Доказано, что регулярный метод поиска отрицательных подстановок кода на основе знаний его весового спектра совместно с применением метода кластерного разбиения общего пространства кодовых комбинаций способствует повышению производительности кодеков.

5. Предложены алгоритмы реализации метода перестановочного декодирования, обладающие новизной технического решения, которые способствуют повышению надёжности функционирования кодеков.

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

(Соискатель отвечает на вопросы)

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Для оценки верхних граничных значений Вы использовали методы оптимизации, покажите критерии оптимальности? И какие ограничения при этом учитываются?

Соискатель

В свое время Витерби предлагал разделить диапазон мягких решений символов начиная от порога жесткого решения до математического ожидания принятого сигнала на восемь интервалов т.е. на восемь значений от нуля до семи, что характерно для оптических каналов, в работе предлагается для каналов с АБГШ разделить диапазон на четыре интервала т.е. от нуля до трех.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Еще Вы предлагаете алгоритм быстрого поиска образующей комбинации? Где этот алгоритм?

Соискатель

Алгоритм показан на слайде, и он заключается в том, что у нас когнитивный декодер, который подвергается процедуре обучения различать производительные перестановки от непроизводительных, например, если декодер получил какую-то перестановку то, если перестановка производительная, то будет искать ее в памяти когнитивной карты декодера в блоке производительных перестановок и извлекать ее.

Д.т.н., доцент Негода В.Н.

По сути, исходя из результатов, которые Вы представили, у вас возникает сокращения времени обработки команд управления, для систем реального времени это важно. Возникает вопрос, у Вас идет поток команд с целью управления и есть время реакции системы, это время реакции Вы доказали, что сокращается. Вот это сокращение, которое Вы доказали оно всегда в одинаковой степени будет или содержание самого потока команд может влиять на этот процесс?

Соискатель

У нас все зависит от того в какой окружающей среде был отправлен поток команд управления.

Д.т.н., доцент Негода В.Н.

Пример можете привести для таких команд мы можем получить 70%, а не 50%, а для таких 40%? От чего зависит? Т.е. сам поток команд в системе управления как он влияет на характер изменения временной реакции, потому что Вы для систем управления Вы сокращаете время реакции?

Соискатель

Мы сокращаем время необходимое для исправления ошибок, возникающие в кодовом векторе при передаче путем использования методов итеративных преобразований. Одна из основных задач систем управления – это адаптация систем управления т.е. приспособление системе к изменяющимся условиям окружающей среды для обеспечения лучших результатов. Это означает, что многое не зависит только от содержания потока команд управления, а зависит от среды передачи данных и количества ошибок, которое у нас будет в принятом кодовом векторе.

Д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Целью работы является сокращения времени реакции цифровой системы управления и смотрю тоже выводы, вопрос насколько сокращается время? Тут, например, для код БЧХ количества непроизводительных перестановок 10% от общего количества?

Соискатель

Когда мы говорим о сокращении времени реакции цифровой системы управления, то в нашей работе имеется ввиду сокращения времени, необходимое для исправления ошибок. Как было показано в докладе, что в работе предлагается снизить максимальную оценку от семи до трех. Это обеспечивает сокращение временного интервала обработки команд управления т.е. для того, чтобы преобразовать код к правильному виду требуется всего семь шагов итераций вместо 15 шагов.

Д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

На слайде № 3 там написано  $f\{*\}$ , что означает звездочка?

Соискатель

Это означает целевую функцию со всеми ее названными ранее компонентами, набор алгоритмов, условие функционирования и так далее, просто выполнено сокращение записи целевой функции.

Д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Если смотреть на параметры целевой функции, то значит, что мы можем их менять. Вопрос можем ли менять  $N$  – число алгоритмов?

Соискатель

Да, мы можем менять число алгоритмов

Д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А условие функционирования мы можем менять?

Соискатель

Нет, не можем, потому что это зависит от условий, в которых будет работать сама система.

Д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А  $T$  – требование к временным интервалам?

Соискатель

Да, мы можем менять, картеж данных целевой функции, который всегда может быть изменен по требованию главного конструктора.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Где идет раскрытие, того, что входит в целевую функцию, на слайде еще есть параметр  $N$  штрих, призванный оценить влияние внешней среды, зачем он вынес и как влияет на целевую функцию?

Соискатель

Мы показали в классификации методов достижения функциональной надежности, что программно-аппаратная надежность в работе не рассматривается и нормируется параметром вероятности ошибки на бит как  $10^{-6}$ .

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Кроме  $F$  целевая функция, есть  $F$  штрих, что это такое?

Соискатель

Г это тоже целевая функция, но ее параметры изменены по требованию главного конструктора.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

На среду обмена командами управления Вы разделили естественные помехи и антропогенные помехи почему Вы их разделили? У них характер влияния разный?

Соискатель

Антропогенные помехи – это искусственные помехи созданы человеком и у них явно неслучайный характер.

Д.т.н., профессор Васильев К.К.

Ваше достижения – это все-таки элемент систем управления?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Васильев К.К.

Тогда скажите для каких систем? Систем управления очень много и разные, для каких систем управления Ваши подходы будут эффективными?

Соискатель

Наши подходы будут эффективными для большинства беспилотных средств и вообще для перспективных бортовых систем, такие как самолеты и корабли.

Д.т.н., профессор Васильев К.К.

На слайде № 14 у Вас интеграл, почему внизу стоит 3 сигма?

Соискатель

Мы брали интервал от нуля до  $-3$  сигма, потому что в этот интервал попадает около 98% возможных событий. 2% это маленькое значение, но оно есть. Так что если аналитически, то лучше брать интервал от 0 до  $-\infty$ .

Д.т.н., профессор Пиганов М.Н.

В формулировке цели работы используется фраза «разработка способов» или имеется ввиду «разработка алгоритмов»?

Соискатель

Под слово «способов» имеется ввиду алгоритмов сокращения времени, необходимое для исправления ошибок, возникающие при передаче команд управления.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Почему Вы используете только аддитивный гауссовский белый шум?

Соискатель

Считается АВГШ наиболее сложным с точки зрения исправления ошибок.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Почему у Вас по оси  $z$  корень из энергии сигнала на бит, если, вообще говоря, по нормальному закону распределена плотность мощности шума?

Соискатель

Так трактует общая теория связи.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

**Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв?** (Нет).

Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **профессору Гладких А.А.**

*(Отзыв прилагается).*

Уважаемый Надежда Глебовна! Уважаемые члены диссертационного совета!

Саид Басем прибыл в наш университет в далеком в 2009 году с Йеменской Республики. Он прошел у нас бакалавриат, защищал бакалаврскую работу у Елягина С.В. на отлично, после этого он написал заявление в магистратуру. В магистратуре он был распределен ко мне и в тот момент Басем представлял из себя белый лист бумаги в теории кодирования, потому что это был студент, который вообще не представлял, что представляет из себя эта предметная область. Во время подготовки в магистратуре, он со своими товарищами подготовил полный перечень кодовых комбинаций Риды-Соломона, это была сложная работа, которая позволила получить ряд способов кластерного анализа при декодировании таких кодов. Это было в 2016 году, и работа вошла в коллективную монографию и затем мы активно использовали эти результаты в учебном процессе со студентами, которые сейчас решают многие практические задачи на основе результатов этой работы. После окончания магистратуры так получилось, что у нас не было мест в аспирантуру поэтому он поступил в аспирантуру в Москве в университет Дружба Народов. Он там учился один год и потом перевелся к нам в университет т.к. он не нашел руководителя по тематике «теория кодирования» в университете Дружбы Народов. Учитывая предыдущую подготовку с ним по магистерской работе, он уже не был белым листом бумаги, а был специалист, которому необходимо было решать конкретные задачи и

под наш диссертационный совет мы выбрали эту тему, которая корректировалась много раз и соответствующим образом, я думаю, что соискатель достиг эффекта применения систем кодирования для обеспечения достоверности на уровне требований  $10^{-6}$  на бит в системах управления. Из-за действия помех в канале связи и других факторов мы не можем часто это выполнить и поэтому нашей задачей явилось подобрать такой алгоритм, чтобы он обеспечил требуемую вероятность ошибки на бит за счет итеративных преобразований. Он решил эту задачу и мне кажется его достаточно квалифицированные ответы на поставленные вопросы говорят о том, что он достаточно хорошо владеет предметной областью.

Председатель

**Ученому секретарю Совета** предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

**Ученый секретарь** оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета**.

**Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.**

*(Отзывы прилагаются).*

На автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные.

**1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».**

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Электроника и сети ЭВМ» ФГБОУ ВО «Нижегородской государственной технической университет», доктором технических наук, доцентом Бабановым Н.Ю.

**Замечания:**

- не описано каким образом учитывается отрицательная роль ошибок первого и второго рода при формировании мягких решений символов в условиях применения оптических каналов связи и большинства других каналов с независимым потоком ошибок, особенно в условиях минимизации максимальной оценки;

- не ясно на основе чего получены результаты энергетического выигрыша кода (аналитическая модель или имитационное моделирование) представленные на рисунке 6 автореферата.

**2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».**

Отзыв подписан доктором технических наук, профессором кафедры «Электрическая связь», Агеевым С.А.

**Замечания:**

- недостаточное развитие в автореферате получил второй пункт раздела вопросов, выносимых на защиту о детерминированных перестановках, который схематично описывается в утверждении на с. 17., но который представляет повышенный интерес с точки зрения организации итеративного процесса для реализации подобного технического решения;

- недостаточно раскрыт механизм быстрого перехода от выявленной процессором приемника непроизводительной перестановки к производительной комбинации нумераторов символов;

- в автореферате описание алгоритма «распространения доверия» рис. 5, с. 15 было бы более верно завершить блоком коррекции исходных оценок результатом итеративных преобразований после повтора данных, определенных условным оператором.

**3. Санкт-Петербургский государственный экономический университет.**

Отзыв подписан доктором технических наук, профессором кафедры информационных систем и технологий Колбаневым М.О.

**Замечания:**

- в общем случае использование байесовского метода предполагает независимый поток ошибок в канале связи, становится не явным поведение систем итеративных преобразований и проверок на четность в условиях группирования ошибок, поскольку не предполагается применение перемежителей символов, подобно турбокодам;

- введенные автором циклические орбиты и образующие комбинации таких орбит продуктивны с точки зрения экономии памяти когнитивной карты, но не ясен бюджет времени в системе реального времени для поиска нужной проверочной матрицы по произвольно принятой перестановке нумераторов вектора;

- не ясно при каких ограничениях получены данные по вероятности ошибки на бит, представленные в выражении (5) с. 13 автореферата;

- замечен ряд стилистических ошибок, например, на с. 20 дается ссылка на таблицу 4, но по контексту понятно, что речь идет о таблице 6.

**4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».**

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Инфокоммуникационных технологий и систем связи», кандидатом технических наук, Семеновым Д.А.

**Замечания:**

- суть итеративных преобразований целочисленных мягких решений символов представлена в общем виде без детализации свойств таких преобразований, отсюда возникает вопрос на сколько может быть задержано получение окончательного результата декодирования команды управления и не скажется ли это на процессе управления реального времени;

- не ясно, при каких ограничениях получены данные по вероятности ошибки на бит, представленные на рисунке 6;



•Замечен ряд стилистических ошибок, например, на странице 20 (последний абзац) дается ссылка на таблицу 4, хотя речь идет о таблице 6.

**5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева».**

Отзыв подписан заведующим кафедрой обеспечения авиационной безопасности, кандидатом технических наук, Дормидонтовым А.В.

**Замечание:**

- недостаточно полно представлены свойства итеративных преобразований данных и их потенциальные возможности;
- из автореферата не ясно, какие ограничения по исправлению ошибок накладывались в системе аналитического моделирования, результаты которого приведены на рисунке 6.

**6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».**

Отзыв подписан доктором технических наук, профессором Горячкиным О.В.

**Замечания:**

- в работе не указаны сравнительные характеристики насколько по времени или по числу элементарных операций процедура поиска нужной проверочной матрицы отличается от простого поиска элементов орбиты с необходимой матрицей в памяти когнитивной карты;
- в ходе формирования мягких решений символов неизбежно возникают ошибки первого и второго рода, описание учета таких ошибок отсутствует в работе;
- не совсем понятна семантика второго вывода заключительной части работы.

**7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет».**

Отзыв подписан заведующим кафедрой Телекоммуникационных технологий и сетей, доктором технических наук, профессором Смагиным А.А.

**Замечания:**

- в силу итеративных преобразований, полученных приемником системы управления данными, процессор приемника объективно не может снизить вычислительные затраты, но способен повысить энергетическую эффективность используемого кода;
- снижение максимальной оценки мягкого решения действительно уменьшает число итераций для получения итоговой корректирующей оценки, но одновременно снижает контрастность таких оценок. По этой причине не ясно насколько оправдано отступления от традиционных оценок мягких решений по Витерби;
- следует отметить, что линейность столбцов порождающей матрицы систематического кода наблюдается не только у проверочной части матрицы, но и в зоне единичной матрицы.

**8. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации.**

Отзыв подписан доцентом Департамента анализа данных и машинного обучения Факультета информационных технологий и анализа больших данных Андрияновым Н.А.

**Замечания:**

- не ясно, при каких ограничениях получены данные по вероятности ошибки на бит, представленные на рисунке 6;
- во вводимой части отмечены методы машинного обучения, однако в тексте автореферата они не рассматриваются;
- встречаются опечатки и грамматические ошибки. Например, на с. 4 «под информационной надежностью СУ»;
- Python – не программный продукт, а язык программирования.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

(Соискатель отвечает на замечания по отзывам)

Я согласен со всеми замечаниями и считаю их перспективными для продолжения данной работы.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Воловачу Владимиру Ивановичу.**

Уважаемый председатель! Уважаемые члены совета!

Прежде всего, позвольте поблагодарить вас за предоставленную возможность оппонирования диссертации Саида Басема Абдулсалама Салеха.

Актуальность настоящей диссертации у меня не вызывает сомнений, поскольку в современных системах управления реального времени достоверность получаемой и обрабатываемой информации и надежность работы таких систем традиционно являются определяющими факторами. В тоже время, бурное развитие разнообразных беспилотных систем и средств, как направления развития СУРВ, предъявляет повышенные требования к обработке и надежности передачи информации. В диссертации определен значительный круг задач, направленных на совершенствование кодеков процессоров систем управления. Которые, как следует из доклада, и были успешно решены соискателем.

Представленная к защите диссертация позволила на основе использования кодеков с перестановочным декодированием и системы когнитивных преобразований разработать ряд подходов сокращения времени реакции цифровых систем управления реального времени и повысить надежность передачи информации в них. В частности, время реакции снижается благодаря использованию процедуры обучения в системе управления реального времени посредством использования предшествующих результатов вычисления порождающих матриц и аккумуляции этих результатов в когнитивной карте декодера. В диссертации, в частности, показано, как выигрыш по времени при обработке кодового вектора позволяет повысить информационную надежность цифровых команд управления.

Также отмечается, что для реализации перестановочного декодирования следует форматировать мягкое решение в процессоре приемника. В свою очередь, мягкие решения уточняются на базе метода «распространенного доверия» в сочетании с проверками на четность проверочных разрядов, в результате чего формируется эквивалентный код.

Позвольте далее кратко остановиться на отдельных существенных результатах диссертационного исследования соискателя.

Прежде всего, хотел бы отметить высокую проработанность предложенного метода выбора диапазона значений целочисленных мягких решений символов для гауссовского и оптического каналов. В диссертации обосновано значение максимального значения максимальной оценки, принимаемого равным 3. В свою очередь, это приводит к уменьшению вдвое значимого числа оценок, что улучшает сортировку последних. Во-вторых, сокращается цикл формирования перестановочной матрицы. Кроме того, такая оценка более сбалансирована по параметрам канала с АБГШ. Предложен метод «распространенного доверия», позволяющий реализовать интеллектуальный декодер, использующий матрицу декодирования, находящуюся в памяти когнитивной карты декодера. Как показано соискателем, получено гарантированное не менее 50% снижение числа итеративных преобразований в процессоре приемника цифровых команд управления.

Предложенный соискателем регулярный метод поиска комбинаций непроизводительных подстановок, который исключает переборный метод поиска таких подстановок за счет учета весовых спектров кода, характеризуется достаточно высокой эффективностью. Повышению эффективности также способствует и процедура разбиения пространства кодовых комбинаций на кластеры. Предложенный метод отличается от существующих использованием аппарата фрактальной кластеризации групповых кодов. Для его использования следует знать весовой спектр кода. В результате реализации метода, производительность процессора приемника повышается за счет быстрого перехода к ближайшей производительной перестановке.

Также показано, что свойство цикличности при перестановочном декодировании справедливо для всех видов перестановок. Последнее ведет к уменьшению объема когнитивной карты декодера.

Значительный интерес представляет предложенное устройство обработки сигналов управления, в котором эффективность повышается путем использования упреждающего выявления непроизводительных перестановок при уточнении вырожденности матриц. Предложена структурная схема генератора комбинаций двоичного эквивалентного кода и описан порядок работы генератора. Введение блока слежения в генератор позволяет исключить процедуру матричного умножения при поиске проверочных разрядов двоичного эквивалентного кода. Отдельно следует подчеркнуть, что соискателем и его научным руководителем был получен патент РФ на названный генератор.

В моем отзыве также были проанализированы степень новизны, обоснованности и достоверности полученных результатов, их практическая значимость для науки и техники. Отмечается, что разработанные соискателем методы, математические и имитационные модели с успехом могут использоваться при разработке алгоритмов работы и устройств систем управления реального времени, включая

практические рекомендации по реализации отдельных технических решений.

Разрешите далее ознакомиться с замечаниями, приведенными в отзыве на диссертацию, и сформулированные мной выводы.

1. В тексте диссертации недостаточно корректно сформулированы выводы по первой главе, где в соответствии с наименованием параграфа должна за выводами следовать постановка задачи на исследование, в этом параграфе названный фрагмент текста отсутствует и только по ходу изложения последующего материала автор предваряет изложение второй и четвертой глав соответствующими параграфами с постановкой научной задачи в этих главах;

2. Говоря о системах управления реального времени, не дается оценка потери временного ресурса при поиске по произвольно принятой перестановке соответствующей проверочной матрицы кода путем поиска образующей комбинации орбиты;

3. Аналогичную задачу целесообразно было бы решать при введении итеративных преобразований мягких решений символов с целью увеличения оценок их надежности;

4. В совокупности временные интервалы для итеративных преобразований и поиска образующей комбинации орбиты будут меняться от одного кодового вектора к другому и в этой связи целесообразно было бы оценить проблемы синхронизации данных сигналов управления;

5. В допустимых пределах по количеству в работе замечен ряд стилистических и грамматических ошибок, которые несколько затрудняют ее чтение.

Приведенные замечания не уменьшают научную значимость и практическую ценность проведенного диссертационного исследования. Содержащиеся в диссертации материалы и опубликованные работы автора в рецензируемых научных изданиях и научных конференциях позволяют сделать вывод о том, что по научному содержанию и полноте выполненных исследований диссертационная работа соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», которым должна отвечать кандидатская диссертация.

Автор работы Саид Басем Абдулсалам Салех заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Спасибо!

(Отзыв прилагается).

Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

Я согласен со всеми замечаниями.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – к.т.н. Лихобабину Евгению Александровичу

Учитывая полноту отзыва на диссертационную работу Саида Басема уважаемого оппонента Вловоча Владимира Ивановича остановлюсь на главных моментах моего отзыва о работе. Актуальность проведенного исследования не вызывает сомнений. В диссертации корректно изложены элементы научной новизны и положения, выносимые на защиту. Перестановочное декодирование не является чем-то новым. Элементы защиты данных на основе эквивалентных кодов изложены в работах Питерсона, Мак-Вильямс, Морелоса-Сарогоссы и ряда других авторов.

Оригинальность технического решения, представленного в диссертации, заключается в том, что автор предлагает заменить сложные матричные вычисления, связанные с перестановками нумераторов символов кодовой комбинации, влияющих на конфигурацию преобразований переставленной порождающей матрицы основного кода в порождающую матрицу эквивалентного кода. Поскольку всевозможные перестановки символов могут быть вычислены априори, то и порождающие матрицы эквивалентных кодов могут быть определены заранее и полученные данные могут быть занесены в карту памяти декодера. Поскольку этот переборный процесс может быть автоматизирован и выполнен в формате обучения, то карта памяти соискателем справедливо названа когнитивной картой. В последующем нужно просто найти соответствие полученной перестановки с данными когнитивной карты. Это ускоряет процесс обработки данных, что важно для систем реального времени.

Другим новым решением повышение достоверности данных является введение итеративных преобразований, которое достаточно эффективно использовалось в системе турбокодирования. Ряд других новаций, предложенных соискателем, делает представленную работу важной с практической точки зрения, что подчеркивается полученным патентом РФ на изобретение

Чтобы быть юридически точным позвольте зачитать выявленные недостатки и констатирующую часть моего отзыва.

Замечания по диссертационной работе, следующие:

- в работе, говоря о системах управления реального времени, недостаточно полно раскрыта роль канала обратной связи в реализации алгоритмических методов защиты данных, в том числе и при использовании ПД;

- недостаточно ясно раскрыта суть преобразований в соответствии с выражением (1.4) с. 29 диссертации;

- в выражениях (1.9) и (1.10) с. 33 работы нижние пределы суммирования указаны ошибочно со знаком «плюс» вместо «минуса»;

- в разделе 1.6 избыточно приводятся примеры из раздела обработки не двоичных кодов Рида-Соломона, которые в последующих параграфах вообще не фигурируют;

- замечен ряд стилистических и грамматических ошибок, которые затрудняют ее чтение работы.

*(Отзыв прилагается).*

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

Я согласен со всеми замечаниями.

Председатель

Кто хочет выступить?

Д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Соискатель очень хорошее впечатление у меня вызвал. Вот эти 13 лет, которые он провел в России, он прилично говорит, прилично владеет русским языком, но вполне он владеет и специальностью, по которой он защищается. На вопросы, которые я задавал получил вполне яркие ответы. По сути 79% оригинальности его работы видно, что он долго и успешно над ней работал. Спасибо его научному руководителю Анатолию Афанасьевичу, который очень много вложил в него и получился очень хороший результат. Не сомневаюсь в том, что он во всем разобрался, получив такие результаты и способен работать в этой области. Я буду голосовать «за» и призываю к этому остальных членов совета.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Я скажу несколько слов. Да действительно диссертация, которую мы послушали мне понравилась, прежде всего, наверное, фундаментальностью хорошей алгоритмической и математической пары. Решения те, которые получил соискатель показывают, что на самом деле получил их автор самостоятельно поскольку их обосновывает и доказывает, но может быть чуть-чуть не хватает широты взглядов, что в принципе для кандидатской диссертации допустимо поскольку конкретная задача была поставлена и она была решена. Считаю, что диссертация вполне соответствует тем пунктам, которые автор предъявлял и я буду голосовать «за».

Д.т.н., доцент Негода В.Н.

Мне нравится его личная убедительность и именно идущая от него. Он был очень самостоятельным и убедительным, и я буду голосовать «за».

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

**Соискателю предоставляется заключительное слово.**

Я хотел бы выразить благодарность Ульяновскому государственному техническому университету и нашей кафедре «Телекоммуникации» за возможность обучаться здесь. Благодарю всех тех, кто принимал участие в обсуждении моей работы, всех тех, кто сегодня присутствовал здесь.

Я благодарю своих оппонентов за внимательное прочтение моей работы, за доброжелательное отношение и ценные пожелания на будущее.

Я выражаю благодарность и признательность своему научному руководителю.

Председатель

Объявляется перерыв на голосование. Прошу голосовать.

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово представляется ученому секретарю Совета для оглашения результатов тайного голосования.

Ученый секретарь

Результаты голосования, следующие: из 16 членов диссертационного совета «за» проголосовали 16, «против» – нет.

Председатель

Уважаемые коллеги прошу утвердить протокол тайного голосования. (принято единогласно). Таким образом, на основании результатов тайного голосования (16 – за), против – нет, недействительных голосов – нет) диссертационный совет Д212.277.04 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Саида Б.А.С.** содержит новые решения в методах и алгоритмах по совершенствованию функциональных характеристик кодеков систем управления реального времени на базе когнитивного процессора, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Саиду Басем Абдулсалам Салех** ученую степень кандидата технических наук по специальности **05.13.05.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Саида Б.А.С.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

**(Обсуждение проекта) .**

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

**Заключение объявляется соискателю.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04, СОЗДАННОГО НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ПО ДИССЕРТАЦИИ

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 07 сентября 2022 г. № 12

О присуждении Саиду Басему Абдулсаламу Салеху (Йеменская Республика) ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование функциональных характеристик кодеков систем управления реального времени на базе когнитивного процессора» по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» принят к защите 18.05.2022 (протокол заседания №4) диссертационным советом Д212.277.04, созданным на базе ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32) №678/НК от 18.11.2020.

Соискатель Саид Басем Абдулсалам Салех 22 мая 1986 года рождения.

В 2021 году соискатель окончил очную аспирантуру в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре Телекоммуникации в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук (05.12.13 Системы, сети и устройства телекоммуникаций), профессор кафедры Телекоммуникации Гладких Анатолий Афанасьевич, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Воловач Владимир Иванович, доктор технических, доцент, заведующей кафедрой Информационный и электронный сервис ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти, Самарской области.

Лихобабин Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры Телекоммуникаций и основ радиотехники ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань.

Дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж в своем положительном отзыве, подписанным Макаровым Олегом Юрьевичем профессором кафедры Конструирования и производства радиоаппаратуры, доктором технических наук, заведующим кафедрой Конструирования и производства радиоаппаратуры, доктором технических наук доцентом Башкировым Алексеем Викторовичем и утвержденным И.о. первого проректора, проректором по науке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» доктором технических наук профессором И.Г. Дроздовым указали, что представленная диссертация отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в ред. Постановления Правительства



РФ от 28.08.2017 № 1024) и содержит решение важной научно-технической задачи повышения информационной надежности команд управления, а ее автор, Саид Басем Абдулсалам Салех, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК 3 работы, один патент РФ на изобретение, одна работа, индексируемая в базах данных Web Of Science и Scopus, 10 работ в трудах международных и всероссийских научных, научно-технических и научно-практических конференций. Общий объем опубликованного материала составляет 5,3 п.л., авторский вклад 78%. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Ганин Д.В., Тамразян Г.М., Шахтанов С.В., Саид Б., Бакурова А.Д. Процедура поиска множества вырожденных матриц в системе перестановок двоичного блокового кода. // Автоматизация процессов управления. – 2019. – № 4 (58). – С.82-89.

2. Гладких А.А., Бакурова А.Д., Меновщиков А.В., Саид Б.А.С., Шахтанов С.В. Фрактальная кластеризация групповых кодов в системе вложенных полей Галуа. // Автоматизация процессов управления. – 2020. – № 4 (62). – С.85-92.

3. Саид Б.А.С., Пчелин Н.А. Модификация способа оценивания мягких решений символов и его верификация // Автоматизация процессов управления. – 2022. – № 1 (67). – С. 60-67.

4. Gladkikh A.A., Volkov Al.K., Volkov An.K., Saeed B.A.S., Yudaev V.V. The concept for biometric system development based on modern error correcting coding. JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 862 (2020)32036, doi: 1088/1757\_899X/862/5/052009.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из:

1. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород). Отзыв подписан заведующим кафедрой «Электроника и сети ЭВМ» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет», доктором технических наук Бабановым Н.Ю. Замечания: не указано, как учитывается отрицательная роль ошибок первого и второго рода при формировании мягких решений символов в условиях применения оптических каналов связи; не ясно на основе чего получены результаты энергетического выигрыша кода (аналитическая модель или имитационное моделирование) представленные на рисунке 6 автореферата.

2. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (г. Санкт-Петербург). Отзыв подписан доктором технических наук, профессором кафедры «Электрическая связь», Агеевым С.А. Замечания: второй пункт раздела вопросов, выносимых на защиту о детерминированных

перестановках, получил недостаточное развитие и схематично описывается в утверждении на с. 17 автореферата, но который представляет повышенный интерес с точки зрения организации итеративного процесса для реализации подобного технического решения; недостаточно раскрыт механизм быстрого перехода от выявленной процессором приемника непроизводительной перестановки к производительной комбинации нумераторов символов; описание алгоритма «распространения доверия» рис. 5, с. 15 целесообразно завершать блоком коррекции исходных оценок.

3. Санкт-Петербургского государственного экономического университета (г. Санкт-Петербург). Отзыв подписан доктором технических наук, профессором кафедры информационных систем и технологий Колбаневым М.О. Замечания: в общем случае использование байесовского метода предполагает независимый поток ошибок в канале связи, становится не ясным поведение систем итеративных преобразований в условиях группирования ошибок, поскольку не предполагается применение перемежителей символов; введенные автором циклические орбиты и образующие комбинации таких орбит продуктивны с точки зрения экономии памяти когнитивной карты, но не ясен бюджет времени в системе реального времени для поиска нужной проверочной матрицы по произвольно принятой перестановке нумераторов символов; не ясно при каких ограничениях получены данные по вероятности ошибки на бит, представленные в выражении (5) с. 13 автореферата; замечен ряд стилистических ошибок, например на с. 20 дается ссылка на таблицу 4, но по контексту понятно, что речь идет о таблице 6.

4. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» (г. Княгинино, Нижегородской области). Отзыв подписан заведующим кафедрой «Инфокоммуникационных технологий и систем связи», кандидатом технических наук, Семеновым Д.А. Замечания: суть итеративных преобразований целочисленных мягких решений символов представлена в общем виде без детализации свойств таких преобразований, отсюда возникает вопрос на сколько может быть задержано получение окончательного результата декодирования команды управления и не скажется ли это на процессе управления реального времени; не ясно, при каких ограничениях получены данные по вероятности ошибки на бит, представленные на рисунке 6; замечен ряд стилистических ошибок.

5. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (г. Ульяновск). Отзыв подписан заведующим кафедрой «Обеспечения авиационной безопасности» кандидатом технических наук, Дормидонтовым А.В. Замечания: недостаточно полно представлены свойства итеративных преобразований данных и их потенциальные возможности; из автореферата не ясно, какие ограничения по исправлению ошибок накладывались в системе аналитического моделирования, результаты которого приведены на рисунке 6.

6. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (г. Самара). Отзыв подписан доктором технических наук, профессором Горячкиным О.В. Замечания: в работе не указаны сравнительные характеристики

насколько по времени или по числу элементарных операций процедура поиска нужной проверочной матрицы отличается от простого поиска элементов орбиты с необходимой матрицей в памяти когнитивной карты; в ходе формирования мягких решений символов неизбежно возникают ошибки первого и второго рода, описание учета таких ошибок отсутствует в работе; не совсем понятна семантика второго вывода заключительной части работы.

7. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный университет» (г. Ульяновск). Отзыв подписан заведующим кафедрой Телекоммуникационных технологий и сетей, доктором технических наук, профессором Смагиным А.А. Замечания: в силу итеративных преобразований, полученных приемником системы управления данных, процессор приемника объективно не может снизить вычислительные затраты, но способен повысить энергетическую эффективность используемого кода; снижение максимальной оценки мягкого решения действительно уменьшает число итераций для получения итоговой корректирующей оценки, но одновременно снижает контрастность таких оценок, по этой причине не ясно насколько оправдано отступление от традиционных оценок мягких решений по Витерби; следует отметить что линейность столбцов порождающей матрицы систематического кода наблюдается не только у проверочной части матрицы, но и в зоне единичной матрицы.

8. Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (г. Москва). Отзыв подписан, доцентом Департамента анализа данных и машинного обучения Факультета информационных технологий и анализа больших данных Андрияновым Н.А. Замечания: не ясно, при каких ограничениях получены данные по вероятности ошибки на бит, представленные на рисунке 6; во вводной части отмечены методы машинного обучения, однако в тексте автореферата они не рассматриваются; встречаются опечатки и грамматические ошибки, например, на с. 4 «под информационной надежностью СУ»; Python – не программный продукт, а язык программирования.

Во всех отзывах отмечается, что указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы. В целом работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Саид Б.А.С. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и наличием публикаций в соответствующей тематике исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан регулярный метод поиска комбинаций непроизводительных подстановок, учитывающий структуру весового спектра кода и закономерности процедуры разбиения пространства кодовых комбинаций на кластеры;

предложен оригинальный способ мягкого декодирования комбинаций избыточных кодов, отличающийся снижением вычислительных затрат при использовании принципа «распространения доверия» на основе локализации перестановок нумераторов проверочных разрядов в системе перестановочного декодирования;

доказана целесообразность смены верхних граничных значений целочисленных мягких решений символов для каналов различной физической природы, полученные не только на основе выводов аналитического моделирования, но и по результатам экспериментальных данных испытаний имитационных моделей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

выявлены асимптотические закономерности различных алгоритмов исправления ошибок в принятом кодовом векторе, расширяющие представления о возможностях энергетического выигрыша кода для различных сочетаний длин информационных разрядов и водимой в код избыточности с целью повышения информационной надежности систем управления;

высказан ряд доказанных утверждений, позволяющий экономно организовать память когнитивной карты декодера системы управления за счет выявления циклических орбит перестановок и замены множества перестановок конкретной орбиты на единственную образующую комбинацию;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов теории избыточного кодирования для исследования обеспечения информационной надежности систем управления;

изложены алгоритмы перестановочного декодирования двоичных избыточных кодов оптимальных в смысле минимизации объема когнитивной карты декодера и минимизации числа арифметических операций в процедуре поиска эквивалентного кода по произвольной перестановке;

раскрыты вероятностные характеристики появления ошибок первого и второго рода в процедуре формирования мягких решений двоичных символов и их влияния на общий отрицательный результат декодирования в каналах различных типов;

проведена модификация существующей математической модели формирования мягких решений символов, учитывающей особенности условных плотностей распределения вероятностей принятых сигналов в оптических каналах связи и отличных от них сред распространения сигналов за счет соответствующей смены углового коэффициента линейной функции решающего устройства формирования целочисленных мягких решений символов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены результаты, позволившие уточнить требования к проектным решениям и оборудованию перспективных систем управления в части обеспечения их высокой функциональной надежности;

получен патент РФ на устройство, которое обеспечивает опережающее выявление непроизводительной перестановки, быструю ее коррекцию и выход на соответствующую комбинацию эквивалентного кода;

определены возможности применения подобного декодера в системах повышения информационной надежности различных систем управления;

создан корректный механизм рационального формирования мягких решений символов в оптических линиях связи при использовании простых и сложных видов модуляции;

представлены рекомендации по существенному снижению объема памяти когнитивной карты декодера при использовании циклических орбит нумераторов перестановок символов кодовых векторов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных средах распространения сигналов управления;

теория основана на использовании известных положений и фактов общей теории связи, существующих методов построения кодеков избыточных кодов и данных теории управления.

Идея базируется на возможности сохранения вычисленного результата элементов эквивалентного кода в памяти декодера (в памяти когнитивной карты) и использовании его в случае повторения перестановки символов, что приводит к значительному сокращению цикла управления перестановочным декодером и управления системой в целом.

Установлено, что полученные в работе результаты не противоречат опубликованным данным независимых источников;

использованы методы теории вероятностей, математической статистики и комбинаторики, теории надежности, теории оценивания, алгебраической теории групп, колец и полей.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в проведении научных исследований, в обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе, в проверке исследований, включая участие в научных экспериментах, апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- по итогам доклада и анализа содержания автореферата заметна некорректная формулировка цели работы, в которой слово «способов» требует замены на слово «алгоритмов»;

- в работе рассмотрены преимущественно каналы с независимым потоком ошибок и аддитивной помехой, результаты исследований имели бы большую ценность при учете группирующихся ошибок и воздействии мультипликативных помех;

- недостаточно раскрыта роль преднамеренных помех, упомянутых в разделе актуальность работы.

Соискатель Саид Б.А.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию относительно исследования независимого потока ошибок, считая объективно его более сложным в реализации процедуры декодирования избыточных кодов. Согласился с рядом других замечаний, высказанных в ходе заседания диссертационного совета.

На заседании 7.09.2022 диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные решения научных задач, имеющих важное значение для развития методов перестановочного декодирования избыточных кодов в целях защиты команд управления от ошибок, в частности, повышения информационной надежности команд управления, присудить Саиду Б.А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук, участвовавших в заседании по специальности рассматриваемой диссертации, из 23

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в проведении научных исследований, в обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе, в проверке исследований, включая участие в научных экспериментах, апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- по итогам доклада и анализа содержания автореферата заметна некорректная формулировка цели работы, в которой слово «способов» требует замены на слово «алгоритмов»;

- в работе рассмотрены преимущественно каналы с независимым потоком ошибок и аддитивной помехой, результаты исследований имели бы большую ценность при учете группирующихся ошибок и воздействии мультипликативных помех;

- недостаточно раскрыта роль преднамеренных помех, упомянутых в разделе актуальность работы.

Соискатель Саид Б.А.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию относительно исследования независимого потока ошибок, считая объективно его более сложным в реализации процедуры декодирования избыточных кодов. Согласился с рядом других замечаний, высказанных в ходе заседания диссертационного совета.

На заседании 7.09.2022 диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные решения научных задач, имеющих важное значение для развития методов перестановочного декодирования избыточных кодов в целях защиты команд управления от ошибок, в частности, повышения информационной надежности команд управления, присудить Саиду Б.А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук, участвовавших в заседании по специальности рассматриваемой диссертации, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против - нет.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

**Заседание объявляется закрытым.**

Председатель Совета Д212-2774-04  
профессор

Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета Д212-2774-04  
доцент

А.М. Наместников



7.09.2022