

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО «ВГТУ»

И.И. Дроздов  
2019 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
на диссертацию Ал Тамими Таквы Флайиих Хасан  
«Разработка и моделирование перестановочного декодера недвоичного  
избыточного кода на базе когнитивной метафоры»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальностям 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной  
техники и систем управления» и 05.13.18 – «Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ»

### 1. Актуальность темы диссертации для науки и практики.

Разработка современных телекоммуникационных средств передачи цифровой информации является неотъемлемой частью развития современного общества и цифровой экономики, в частности. Развитие средств обработки данных в указанных системах непосредственным образом затрагивает совершенствование методов управления в экономике, технике, в организации многих процессов повседневной жизни, что в свою очередь требует опережающего развития элементов и устройств вычислительной техники. Общей тенденцией развития указанных предметных областей является включение отдельных систем управления и средств вычислительной техники в выраженные по целевому предназначению группы, взаимодействие между элементами которых осуществляется на базе бурно развивающихся принципов реализации сетевых технологий. Специфика таких технологий предусматривает использования помехоустойчивых кодов для защиты цифровых данных от ошибок.

Особенными направлениями в решении задач совершенствования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления является робототехника и беспилотные мобильные объекты, которые потребовала не только новых подходов к решению задач синтеза вычислительных систем и устройств, обеспечивающих мобильность роботов и беспилотных средств, но и передовых методов, в случае необходимости, дистанционного управления такими объектами. В подавляющем большинстве для этих целей пользуются радиоканалы, которые предназначены для передачи или коррекции целевой

функции управления или в системе трансляции видеоизображений для нужд оператора. Циклы управления таких систем ограничены во времени и по этой причине в них не целесообразно использовать длинные помехоустойчивые коды, а применение коротких кодов наталкивается на проблематику коррекции группирующихся ошибок. При этом применение итеративных методов при восстановлении кодовых комбинаций также не является продуктивным из-за фактора временных ограничений на длительность цикла управления.

В свете всего вышесказанного, проблема разработки новых методов и средств, призванных повысить качество управления и реализации на ПЛИС системы декодирования данных, с возможность обеспечения перестановочного декодирования недвоичного избыточного кода, является актуальной. Это объясняется тем, что перестановочное декодирование обладает наибольшим потенциалом по исправлению ошибок и может быть с успехом применено для коротких кодовых конструкций. Главным недостатком этих кодов является сложный процесс вычисления порождающих матриц эквивалентных (переставленных) кодов, который в такой традиционной форме трудно реализовать на ПЛИС. Именно это обстоятельство сдерживает широкое применение таких кодов в системах защиты цифровой информации от ошибок.

## **2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность**

Сравнительный анализ результатов диссертации с известными данными других авторов позволил выделить следующие направления технических решений, характеризующиеся научной новизной:

1. Для ускорения вычислительного процесса обработки принятых кодовых векторов впервые в практике декодирования помехоустойчивых кодов применен метод когнитивной обработки данных. Своей уникальностью метод обязан основной идеологии перестановочного декодирования, когда перестановка символов принятого кодового вектора по оценке надежности их фиксации на приеме для формирования эквивалентного кода может повториться. В этом случае фиксация результатов первой перестановки в когнитивной карте позволяет использовать этот результат при повторении такой же конфигурации перестановки.

2. Доказана эффективность системы управления перестановочным декодером на основе введенных автором работы системы быстрых матричных преобразований, теоретической основой которых являются свойства линейности групповых кодов, в частности, кодов Рида-Соломона. Вскрытая зависимость структуры порождающей матрицы эквивалентного кода и структуры заданной перестановки позволили полностью исключить из процесса вычисления порождающей матрицы эквивалентного кода все матричные преобразования, основанные на выполнении арифметических операций и заменить их простыми перестановками строк и столбцов эталонных матриц. Учитывая тот факт, что арифметические действия для системы недвоичных кодов приходится выполнять в расширенных двоичных полях

Галуа, полученный результат, основанный на перестановках, является значимым с точки зрения сокращения времени преобразований данных, открывающий путь к резкому снижению времени обработки кодовых векторов в целом.

3. Предложена новая методика сокращения общего объема памяти когнитивной карты декодера за счет использования циклических свойств системы перестановок, полученных для кодов различной длины. В работе доказано очень важное свойство общего множества перестановок характерных для любого выбранного кода из класса исследуемых конструкций. Показано, что циклические сдвиги любой произвольно взятой перестановки формируются единственной для данной циклической группы, порождающей матрицей. Важность этого свойства трудно переоценить, поскольку это непосредственно касается объема памяти когнитивной карты декодера, которая в ходе своей реализации с учетом пункта два может быть сокращена в разы в зависимости от длины кодовых векторов.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается использованием общепринятых методов и методик, а также известных моделей для исследования показателей декодеров, работающих в режиме перестановочного декодирования, известных методов проверки статистической достоверности получаемых в процессе исследований результатов, сопоставлением полученных результатов эмпирических исследований с известными данными отечественных и зарубежных авторов. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: на Всероссийской научно-практической конференции (с участием стран СНГ) г. Ульяновск в 2015 году; на 71-й REDS – 2016 г. Москва в 2016 году; международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфотелекоммуникационных технологий»; В сборнике научных трудов «Современные проблемы проектирования производства и эксплуатации радиотехнических систем» – г. Ульяновск: УлГТУ, 2016 – год; 20-й Международной конференции РНТОРЭС имени А.С. Попова «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA - 2018» – Москва, 2018. По результатам работы получен патент на изобретение № RU 2619533, зарегистрированный Федеральной службой по интеллектуальной собственности. Значимость для науки и производства результатов диссертационного исследования, а также их достоверность подтверждается возможностями практического их использования на ведущих предприятиях радиотехнического комплекса: АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж), ОАО «Электросигнал» (г. Воронеж), АО «НВП «ПРОТЕК» (г. Воронеж), АО «ИРКОС» (г. Москва), АО «Воронежское центральное конструкторское бюро «Полюс» (г. Воронеж), ФНПЦ АО «НПО «Марс» (г. Ульяновск), «Концерн «Полет» (г. Нижний Новгород)

Результаты работы в полной мере отражены в 4 печатных работах, в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент Российской Федерации на изобретение.

### **3. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.**

1. Сформирован набор математических моделей оценки формирования мягких решений символов необходимый для реализации перестановочного декодирования.

2. Предложена методика формирования когнитивной карты декодера с использованием лексикографического подхода к системе поиска требуемого образца эталонной матрицы и ее преобразований по контуру заданной перестановки символов.

3. Разработаны программные средства моделирования гауссовского канала связи с возможность формирования мягких решений символов, сбора статистического материала и его оценки с целью реализации метода перестановочного декодирования на базе быстрых матричных преобразований.

4. Корректность предложенной автором методики быстрых матричных преобразований и справедливость принципа лексикографического формирования когнитивной карты декодера доказана многочисленными вычислениями порождающих матриц эквивалентных кодов по классической схеме и сравнения полученных результатов по предложенной в работе методики.

5. Полученные основные результаты диссертации подтверждаются публикациями в научных изданиях. Диссертация написана ясным и лаконичным языком, является законченным трудом с хорошей структурой и изложением материала. Оформление диссертации соответствует предъявляемым требованиям. Основные научные результаты достаточно полно отражены в публикациях, в том числе и по перечню ВАК. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

### **4. Рекомендации по использованию полученных в работе результатов.**

Результаты диссертационной работы рекомендуется к использованию при проектировании современных высокопроизводительных систем управления, при решении задач проектирования и модернизации радиотехнических систем и комплексов. Материалы диссертации рекомендуется также использовать в учебном процессе ВУЗов страны при преподавании таких дисциплин как «Основы конструирования электронных средств», «Математическое моделирование при проектировании электронных средств», «Моделирование и вычисления на ЭВМ», «Основы корректирующего кодирования» и др.

### **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, критические замечания по диссертационной работе.**

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней получены значимые теоретические и практические результаты, вносящие существенный вклад в развитие помехозащищенных радиотехнических систем передачи цифровых данных. Работа выполнена соискателем самостоятельно.

Вместе с тем, к диссертационной работе имеются ряд замечаний:

1. В диссертации недостаточно подробно проанализирована реализация алгоритма перестановочного декодирования в целом, поскольку отсутствуют

сведения об оценках указанного параметра для фазы первоначальной сортировки символов в кодовом векторе и процедуры последующего сравнения принятого вектора с его переставленным аналогом для выявления вектора ошибок

2. В разделе научная новизна следовало прямо указать роль введенного в работе коэффициента правдоподобия при оценке мягкого решения недвоичного символа, поскольку изучению этого параметру в диссертации уделено значительное место и его оригинальность и новизна не вызывают сомнений.

3. В третьей главе следовало более подробно обсудить вопрос применения сдвиговых регистров для формирования векторов эквивалентного кода, поскольку найденная матрица такого кода не снимает вопрос отказа от арифметических операций в указанной процедуре и, как следствие, реализации этого шага алгоритма перестановочного декодирования на ПЛИС с оценкой его сложности.

4. Не получила достаточного развития важная тема согласования когерентных систем с возможностями процессоров приемников (с. 48) с использованием перестановочного декодирования и применением системы быстрых матричных преобразований.

5. Приведенная на с.52 схема взаимодействия макроячеек в ПЛИС (рисунок 2.2) носит слишком упрощенный характер.

Однако, отмеченные выше недостатки не оказывают решающего значения при оценке работы и не снижают ее научной и практической ценности.

## **6. Выводы.**

Диссертационная работа Ал Тамими Таквы Флайиих Хасан является завершенной научно-квалификационной работой, результаты которой являются новым решением проблемы построения перестановочных декодеров и задач снижения временных затрат на этапе их функционирования. Приведенные выше замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы и скорее открывают направления для дальнейших исследований. Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 05.13.05 ««Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» в отношении областей исследования п.п. 1 – разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления; п.п. 3 – разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов и устройств вычислительной техники и систем управления с целью улучшения их технических характеристик, а также паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в отношении областей исследования п.п. 3 – разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий; п.п. 8 – разработка систем компьютерного и имитационного моделирования. По объему выполненных

исследований, научной и практической новизне, оформлению и практической ценности работы удовлетворяет требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, предъявляемым к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Ал Тамими Таква Флайиих Хасан достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании научного семинара кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, протокол №4 от 4 февраля 2019 г.

Отзыв составил:

Профессор кафедры конструирования  
и производства радиоаппаратуры,  
доктор технических наук, профессор

Макаров Олег  
Юрьевич



И.о. заведующего кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктор  
технических наук, доцент

 Башкиров Алексей Викторович

«04» февраля 2019 г.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ВГТУ»

Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Телефон: +7(473)271-52-68

E-mail: [rector@vorstu.ru](mailto:rector@vorstu.ru)

Веб-сайт: <http://www.cchgeu.ru/>