

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01

Повестка дня:

Защита диссертации **Ал Тамими Таква Флайиих Хасан**  
на соискание ученой степени *кандидата технических наук*:  
**"Разработка и моделирование перестановочного декодера  
недвоичного избыточного кода на базе когнитивной  
метафоры"**

Специальности:

05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" и 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Официальные оппоненты:

**Овечкин Геннадий Владимирович** - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Вычислительная и прикладная математика» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань.

**Капитанчук Василий Вячеславович** - кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика» Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ВГТУ) г. Воронеж.

## ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.01

от 13 марта 2019 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г. председателя Совета	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
2.	Смирнов В.И., ученый секретарь Совета	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
3.	Васильев К.К.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
4.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
5.	Киселев С.К.	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
6.	Епифанов В.В.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
7.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
8.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
9.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.05	- технические науки
10.	Браже Р.А.	д.ф-м.н., профессор	05.11.01	- технические науки
11.	Сергеев В.А.	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
12.	Соснин П.И.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
13.	Афанасьева Т.В.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
14.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
15.	Варнаков В.В.	д.т.н., профессор	05.13.18	- технические науки
16.	Смагин А.А.	д.т.н., профессор	05.13.18	- технические науки
17.	Тарасов В.Н.	д.т.н., профессор	05.13.18	- технические науки

Председатель Совета,  
д.т.н., профессор

Ученый секретарь Совета,  
д.т.н., профессор



Н.Г. Ярушкина

В.И. Смирнов

Председатель

**Уважаемые коллеги!**

На заседании диссертационного Совета Д212.277.01 из **21** члена Совета присутствуют **14** 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 **4** докторов наук.

По второй специальности защищаемой диссертации **05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"** (технические науки) на заседании присутствуют **3** приглашенных доктора наук:

- Варнаков Валерий Валентинович - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», член диссертационного совета **Д212.278.02**, специальность 05.13.18;

- Смагин Алексей Аркадьевич - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Телекоммуникационные технологии и сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», член диссертационного совета **Д212.278.02**, специальность 05.13.18;

- Тарасов Вениамин Николаевич - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Программного обеспечения и управления в технических системах» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (г. Самара), член диссертационного совета Д212.217.03, специальность 05.13.18.

Согласие об участии в заседании по защите имеется.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Ал Тамими Таква Флайих Хасан** по теме: *"Разработка и моделирование перестановочного декодера недвоичного избыточного кода на базе когнитивной метафоры"*.

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

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

**Официальные оппоненты:**

**Овечкин Геннадий Владимирович** - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Вычислительная и прикладная математика» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань.

**Капитанчук Василий Вячеславович** – кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информатика»  
Ульяновского института гражданской  
авиации им. Главного маршала авиации  
Б.П. Бугаева, г. Ульяновск.

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 д.т.н. **В.И.Смирнову Д212.277.01** для оглашения документов из личного дела соискателя.

#### Ученый секретарь

Соискателем **Ал Тамими Таква Флайих Хасан** 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;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

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

Основные положения диссертации отражены **Ал Тамими Таква Флайих Хасан** в 9 научных работах, в т.ч. в четырёх статьях в изданиях из перечня ВАК, получен один патент РФ на изобретение. Соискатель представлена к защите 28.12.2018г. (протокол №16). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ 11.01.2019г.

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ЕГИСМ.

#### Председатель

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

Есть ли вопросы к **Ал Тамими Таква Флайих Хасан** по личному делу? (Нет).

**Ал Тамими Таква Флайих Хасан**, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

#### Соискатель

Уважаемая Надежда Глебовна, уважаемые члены диссертационного совета, уважаемые гости, вашему вниманию предлагаются результаты

исследований, выполненных в рамках диссертационной работы на тему: «Разработка и моделирование перестановочного декодера недвоичного избыточного кода на базе когнитивной метафоры».

Современный этап развития разнообразных систем управления во многом связывается с высоким спросом на системы дистанционного управления. К ним относятся робототехника, системы с интеллектуальными методами обработки данных, включая сенсорные сети. Применение в таких системах управления радиоканалов и принципов самоорганизации сетевой структуры вызывает необходимость защиты передаваемых по ним данных от различных деструктивных факторов. Среди разнообразных алгоритмов обработки помехоустойчивых кодов наибольшей эффективностью обладают методы перестановочного декодирования, которые позволяют приблизить процедуру декодирования данных к требованиям интеллектуальной системы за счет применения к ним когнитивных принципов.

Целью работы является сокращение цикла управления перестановочным декодером путем применения процедуры быстрых матричных преобразований в системе когнитивной обработки данных при одновременном снижении объема памяти когнитивной карты декодера. Предметная область и предмет исследования показаны на слайде №1.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи, которые показаны на слайде №2. Наиболее важными из них являются: задача номер 2 – Разработать систему выработки мягких решений недвоичных символов избыточных кодов; задача номер 3 – Обосновать корректность системы рационального формирования когнитивной карты декодера; задача номер 5 – Разработать рекомендации по снижению объема памяти когнитивной карты декодера.

Научная новизна:

1. Впервые применен метод когнитивной обработки данных для управления процедурой перестановочного декодирования.
2. Доказана эффективность системы управления декодером на основе введенных быстрых матричных преобразований.
3. Предложена принципиально новая методика сокращения общего объема памяти когнитивной карты декодера (от 80% до 90%).
4. Предложена новая структура декодера в соответствии с патентом РФ.

На защиту выносятся

1. Модель перестановочного декодера избыточного кода, использующая результаты преобразований порождающих матриц эквивалентных кодов.
2. Схема формирования мягких решений недвоичных символов в формате коэффициента правдоподобия.
3. Система вычисления порождающих матриц эквивалентных кодов в недвоичных полях Галуа.
4. Метод снижения объема памяти когнитивной карты декодера, использующий циклические свойства нумераторов перестановок.
5. Программно-аппаратная реализация элемента перестановочного декодера по вычислению порождающих матриц эквивалентных кодов.

Обобщенная структурная схема классической системы управления представлена на рисунке 1. Такая схема, как правило, содержит управляющий элемент с заданной целевой функцией, управляемый элемент и каналы прямой и обратной связи, связывающие указанные элементы. Именно эти каналы представляют собой наибольшую опасность из-за угрозы влияния естественных мешающих факторов. Устойчивость работы такой системы определяется в многом достоверностью, обработанной команды.

Центральное место в работе занимают исследования, связанные с построением искусственных когнитивных систем. Структурная схема, искусственной когнитивной системы содержит два контура регулирования. Внутренний, связанный с когнитивной адаптацией и внешний с элементом воздействия на объект в виде когнитивного регулирования. Для этого выполняется ряд специфических функций, список которых приведен ниже. Из структуры искусственной когнитивной системы становится ясно, что функция адаптации должна подчиняться требованиям когнитивной модели. В системе перестановочного декодирования существует два типа процессов: случайная составляющая процесса и его детерминированная часть. Именно детерминированная часть в последующем будет записана в когнитивную карту как результат обучения декодера.

Алгебраическая основа перестановочного декодирования показана в верхней строке. Суть перестановочного декодирования заключается в том, что ненадежные символы в принятом векторе – это ошибочные символы, которые показаны розовым цветом и определяются за счёт мягкого решения. Они переносятся в позиции проверочных разрядов, а по надёжным символам формируются комбинация эквивалентного кода, который показан в таблице. Пример перестановок показан выше. Таким образом, задача номер 1 решена.

В работе принято, что мягкие решения недвоичных символов формируются на основе двоичной модуляции. Для моделирования процесса формирования мягких решений символов использовались алгоритм Витерби и модель двоичного гауссовского канала связи. Недостатком метода является большое число граничных значений для формирования целочисленного мягкого решения символа. Этот факт приводит к усложнению устройства формирования мягких решений символов. Предлагается использовать метод стирающего канала связи для формирования целочисленных оценок на основе аналитической модели (1). Такая модель не требует знания отношений сигнал-шум, что является привлекательным для систем управления.

Испытания имитационных моделей предложенной системы показало, что достаточно информативным в отношении параметра сигнал-шум является математическое ожидание значений целочисленных мягких решений символов. Важно отметить, что этот параметр практически линеен, с достаточно постоянным угловым коэффициентом и не зависит от объема выборки.

В ходе моделирования было установлено, что оценка дисперсии кортежа мягких решений символов не является информативной для использования в системе регулирования и управления.

Наиболее важной задачей в системе обработки данных недвоичных кодов является выработка мягких решений недвоичных символов (МРНС). Для этого были исследованы различные методы сравнения гистограмм: корреляционный метод, метод «Хи-квадрат», метод пересечения гистограмм и метод «Расстояния Бхаттачария», которые представлены на слайде. Наиболее информативным и вместе с этим простым для реализации методом является предложенный метод вычисления коэффициента правдоподобия. Практически этот метод требует вычисления только числителя на длине кодового символа, знаменатель является константной величиной для выбранного поля Галуа.

В ходе исследований было установлено, что максимальное значение коэффициента правдоподобия в ходе испытаний модели практически не проявляется, даже при высоких отношениях сигнала-шум. Поэтому для

выбора наилучших оценок необходимо ориентироваться на некоторые промежуточные значения мягких решений недвоичных символов, а вид эталонных гистограмм хранить в памяти декодера.

Характер изменений максимальных значений мягкие решения недвоичных символов в зависимости от отношения сигнал-шум представлен на слайде №13. Вот здесь представлен анализ метода Хи-квадрат, эта характеристика не удобна, потому что она близка к нулю, а здесь представлен анализ метода вычисления коэффициента правдоподобия, эта характеристика достаточно полная, потому что близка к единице и поэтому является оптимальной.

Устройство, реализующее предложенный численный метод оценки мягких решений символов представлено на слайде № 14. Таким образом задача номер 2 решена.

Суть классических преобразований в системе эквивалентных кодов, заключается в том, что после выполнения перестановки порождающей матрицы, выбирают первые три столбца с надежными нумераторами и формируют промежуточную квадратную матрицу  $Q$  с размерности  $k \times k$ . Далее вычисляют определитель матрицы  $Q$ , затем матрицу миноров, и транспонируют ее, после чего находят обратную матрицу  $Q^{-1}$ . Поскольку  $Q \times Q^{-1} = E$ , именно матрица  $Q^{-1}$  становится ключевой для формирования систематической формы переставленной матрицы  $G_{пер}$ , но этот метод требует выполнения большого числа арифметических операции, на что требуется большой отрезок времени. Предлагаемый метод быстрых матричных преобразований заключается в выборе последних четырех столбцов переставленной матрицы, после чего выполняются перестановки строк и столбцов, чтобы получить систематическую форму матрицы  $G_{пер}$  для требуемой перестановки символов. Этот метод не требует выполнения арифметических операции. Мы затратили в первом методе 336 арифметических операции, а в втором методе затратили всего 7 шагов обычных перестановок.

Свойства быстрых матричных преобразований в системе эквивалентных кодов. Свойство 1. Циклический сдвиг нумераторов эталонной матрицы не изменяет её структуры в системе эквивалентного кода. Например, если мы выполнили 3 шага цикла в эталонной матрице и получили матрицу эквивалентного кода, мы заметили что структура эталонной матрицы не изменяется, меняются только позиция нумераторов символов. Свойство 2. Любая переставленная порождающая матрица может быть приведена к каноническому виду. Это означает, что если выбрать любую перестановку эталонной матриц, то она может быть приведена к каноническому виду при выполнении перестановок строк и столбцов для получения систематической формы матрицы, канонический вид означает, что порядок номеров символов матриц следует по возрастанию.

Последовательность преобразований эталонной матрицы в матрицу эквивалентного кода по полученной произвольной последовательности нумераторов строки и столбцов занимает всего  $n$  операций, это дает выигрыш по числу операций для разных кодов, показанный в таблице. Например, для короткого кода Рида-Соломона выигрыш по числу операций составляет всего 48 раз, а для более длинного кода выигрыш составляет уже 9 порядков.

В ходе работ было выявлено, что все эталонные перестановки обладают циклическими свойствами. Это позволяет уменьшить число эталонных матриц в когнитивной карте декодера в  $n$  раз. Порядок преобразований показан на слайде в двух таблицах (Переходим от 35 матриц к объему всего 5 матриц). Например, здесь показана организация

двух циклов , жёлтый и розовый цвета, в первой колонке и четвертый колонке (два эквивалентных кода), один из них вот здесь, а другой здесь. Указанные закономерности сохраняются, для всех пят циклов. Матрицы на первой позиции таблицы являются образующими значениями циклов. Это значит, что нумераторы имеют минимальные значения показателей, например, 123 из всех возможных значений.

Свойства циклических перестановок нумераторов. Для быстрого поиска необходимой матрицы используют лексикографический формат когнитивной карты, представленный в таблице. Поиск матрицы эквивалентного кода в лексикографическом формате когнитивной карты показ на следующем слайде.

Последовательность поиска матрицы эквивалентного кода. Когнитивная карта лексикографического формата (метод словаря) – это объединение когнитивной карты в каноническом виде и когнитивной карты в циклическом виде, в каждой ячейке есть два нумератора: нумератор символов в каноническом формате и нумератор символов в циклическом формате. Число в каноническом формате указывает на номер цикла для нахождения требуемых матриц в когнитивной карте. Число матриц в когнитивной карте циклического формата, как было сказано, снижается. Когнитивная карта в каноническом виде содержит 35 матриц, а когнитивная карта циклического вида сохраняет только 5 матриц. Поэтому мы выбрали когнитивную карту циклического формата, чтобы уменьшить время поиска, например, если мы приняли вектор с произвольной перестановкой, то нам надо сначала привести ее к каноническому виду, далее найти место перестановки в лексикографической карте (это независимо от порядка символов) и после нахождения в карте номера циклического формата, мы извлекаем требуемую эталонную матрицу и выполняем перестановку ее строк и столбцов, чтобы получить систематическую форму матрицы  $G_{пер}$  для требуемой перестановки.

Если предположить, что в декодере использует ПЛИС "Альтера", то учет циклических свойств эталонных перестановок позволяет существенно снизить требования к объему внутренней памяти ПЛИС даже для очень длинных кодов. Оценка вариантов реализации когнитивной карты декодера на ПЛИС "Альтера" показана в таблице для различных кодов Рида Соломона. Здесь показаны 3 системы, например, для кода Рида-Соломона (7, 3, 5) в общей систем матриц сохраняются 5040 матриц, в системе канонических матриц всего сохраняется 35 матриц и в системе циклических матриц сохраняется всего 5 матриц. Зеленая область заполнения таблицы показывает на невозможность использования внутренней памяти ПЛИС, потому что требуется очень большой объем памяти. Жёлтая область заполнения таблицы указывает на возможность использования внутренней памяти ПЛИС, потому что требуется значительно меньший объем памяти относительно внутренней памяти ПЛИС. Выигрыш в логарифмическом штабе для различных кодов РС представлен на график 1 и 2. Первый график указывает на сравнение всех систем и второй график является сравнением второй и третьей системы. Таким образом задача номер 3 решена.

Аппаратная реализация системы быстрых матричных перестановок показана на слайде №22. Мы извлекаем из когнитивной карты нужную эталонную матрицу и по команде контроллера направляем ее в массив 1, затем, переставляя строки, записываем ее в массив 2. После этого, переставляя столбцы, записываем результат в свободный массив 1.

Результат отправляем на дальнейшую обработку данных. Таким образом задачи номер 4 и 5 решены.

Заключение :

- впервые разработана модель декодера избыточного кода, использующая методы когнитивной обработки при реализации процедуры перестановочного декодирования;

- математически обоснован сокращенный алгоритм декодирования избыточных кодов;

- разработан метод снижения объема памяти когнитивной карты декодера от 2 до 3 порядков;

- доказаны циклические свойства нумераторов эталонных матриц, которые за счет некоторого увеличения вычислительной нагрузки на процессор декодера;

- представлены структурная схема перестановочного декодера и система быстрых преобразований матриц;

- приведены схемные решения для реализации исследованного метода перестановочного декодирования двоичных избыточных кодов на ПЛИС.

Патент и диплом полученный в конференции DSPA г. Москва показаны на слайде №24.

Лексикографический декодер каскадного кода показаны на слайде №25.

Направления дальнейших исследований показаны на слайде №26.

Спасибо за внимание.

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Скажите, пожалуйста, вот у вас написано, для доказана эффективность систем управления декодером. По каким параметрам оценивается эффективность? Можно показать плакат № 3? Вот второй пункт доказана эффективность систем управления декодером, по каким параметрам эффективность оценивать?

Соискатель

При применении метода быстрых матричных преобразований порождающих матриц эквивалентных кодов (в зависимости от параметров кода) удастся снизить объем требуемых матричных вычислений. Параметры кода это значит  $(n, k, d)$  где  $n$  - длина кодовой комбинации,  $k$  - длина информационных вектор,  $d = n - k + 1$ .

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

И 8-й плакат, вот вверху слева картинка: почему такие распределения приняты, а не какие-то другие? Почему они имеют такой вид? Можно другое распределение увидеть? Почему нормальное распределение?

Соискатель

Потому что это распределения вероятности двоичных сигналов.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Этот же плакат, есть формула (1) у вас, там « $\lambda_i$ ». Поясните, что такое « $i$ », потому что в самой формуле нет « $i$ ». Параметр « $i$ » что означает?

Соискатель

$\lambda_i$  - это промежуточное значение мягких решений символов для  $i$ -го символа

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Эта формула для разных « $i$ » будет одной и той же? А какие « $i$ » могут быть у вас? Значение « $i$ » чему может быть равно? Буква « $i$ » индекс - какой смысл этого индекса?

Соискатель

Да. Эта формула для разных « $i$ » и может равняться 1 до 7, или 1 до 4 это зависит от длины кодовой комбинации, как показано на рисунке 11-го плаката.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

То есть « $i$ » означает разные промежутки? Разные значения?

Соискатель

Да, разные значения.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Вот эта формула для этих разных значений - она одна и та же? Всегда справедлива? Потому что у вас индекс справа, но после знака равенства, нет « $i$ »! У вас там есть параметр « $z$ », допустим. Может быть, там должно быть « $z$ » и « $i$ »?

Соискатель

Это промежуточное значение мягких решений символов для каждого символа в кодовой комбинации, « $z$ » - это уровень сигнала после воздействия на него аддитивной помехи.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Хорошо, у меня ещё вопрос: весь доклад основан на том, что вы показали преимущество практически во всех областях, что были показаны на графиках, и есть выигрыш по сравнению с известными методами. Но вы не сказали, за счёт чего он достигается? То есть, не бывает же всегда хорошо, что-то должно быть не плохо. Либо

сужается область кодов, либо у вас показаны не все области изменения параметров. За счёт чего достигается выигрыш?

Соискатель

Выигрыш по времени выполнения и по числу операций.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Всё-таки за счёт чего выигрыш – может быть, за счёт большого времени при формировании этой карты? Большие вычислительные затраты?

Соискатель

Большие вычислительные затраты был только в первом методе, но в втором и третьем, мы уменьшили число операции и время их выполнения.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

И там везде выигрыш? Во втором случае выигрыш, по сравнению с классическим подходом, в третьем случае – ещё больший выигрыш по сравнению со вторым и с классическим. За счёт чего этот выигрыш достигается? Чудес же не бывает. Если мы где-то выигрываем, значит, где-то проигрываем.

Соискатель

Когда мы получаем выигрыш по числу операций и времени выполнения, то значит мы выиграли объем памяти декодера и сократили цикл управления.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Память увеличилась. Может, вы в качестве потеряли? Может, вы какие-то комбинации не анализируете, и у вас теперь надёжность меньше, или что-то произошло, что у вас стало хуже в результате... Или всё стало лучше?

Соискатель

Память уменьшилась не увеличилась и конечно всё стало лучше.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Хорошо, я по-другому спрошу: классический метод не предполагает предварительно каких-то расчетов, вычислительных операций. Может, ваш метод предполагает большие предварительные вычисления? А уже при применении получается выигрыш?

Соискатель

Да, при применении и сравнение получаем выигрыш.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

У меня в продолжение предыдущего вопроса. Что получается? Что декодирование происходит проще. А надо ли это? Ведь вычислительная техника сейчас достаточно производительная. Может быть без этой «премудрости» всё хорошо получалось бы? То есть вопрос такой: а без этого всего, что декодирование было невозможно? Без применения ваших достижений, разработок, раньше могли декодировать? Тогда зачем это всё нужно, если и так можно было делать, по старинке, и вычислительная техника справлялась с этим. И какой выигрыш: например была одна наносекунда, а теперь стала одна сотая наносекунды.. то есть это ничего не даёт! Без ваших методов возможно ли было декодировать эти сообщения? Декодеры были или не были? Были. Но тогда зачем это всё? Какая польза от этого?

Соискатель

Конечно возможно декодировать без наших методов но стала лучше и быстрее чем раньше при применении наших методов.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Представим себе, что во время передачи сообщения произошёл крупный сбой: вообще перестала идти информация, или с очень большими ошибками. То есть какое-то время информации нет, а там продолжают что-то нам передавать. И как тогда вы выйдете из положения? Тут же, на чём сообщение закончилось, и как это будет дальше продолжаться? То есть что произойдёт, если случится сбой в системе передач и она ничего не воспринимает некоторое время.

Председатель сформулировала суть вопроса

«Предположим, что произошло какое-то большое количество ошибок и вы теряете часть информации – ваш декодер справится с этой ситуацией? И до какой степени?». Может, имеет смысл оставить только это.

Соискатель

В любом классическом коде можно исправлять  $d_{\min} - 1$  стирание, но в перестановочном коде можно исправлять  $n - k$  стираний, это значит мы можем исправить больше ошибок, что является оптимальным с точки зрения декодирования.

д.т.н., профессор Варнаков В.В.

У меня вопрос такой: поскольку здесь рассчитано по двум специальностям, то, в соответствии с положением, математическое моделирование должно быть, по нашей специальности, «численные методы и комплексы программ», вот в заключение у вас есть модель, показаны численные методы. А комплексы программ применялись, или вы их просто тут не отметили?

Соискатель

Да, конечно, применялись. В методах сравнения гистограмм, формировании мягких решений недвоичных символов в формате коэффициента правдоподобия, и вычислении порождающих матриц эквивалентных кодов в полях Галуа.

д.т.н., профессор Варнаков В.В.

Они не запатентованы у вас?

Соискатель

Нет. Не зарегистрированы.

д.т.н., профессор Смагин А.А.

Маленький вопрос: скажите, пожалуйста, устройство, которое реализует ваш алгоритм, где будет стоять в модели Шеннона (передачи данных) – после модулятора или до модулятора? В каком месте предполагается установить устройство? Перед демодулятором или в другом месте – перед декодером?

Соискатель

Но извините это не связано с целью нашей работы, наша цель – защита команд управления, но думаю перед декодером.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Ещё один небольшой вопрос: девятый плакат, пожалуйста, откройте. Здесь показывается эффективность работы вашего решающего устройства. Хотелось бы понять, что по осям: «h» в децибелах – это что?

Соискатель

$h$  (дБ) – это отношения сигнала-шум, а дБ – это Децибел.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

А « $M(h)$ » от « $h$  (дБ)»?

Соискатель

$M(h)$  – это математическое ожидание

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Математическое ожидание для чего?

Соискатель

Для предложенного метода МРС (мягких решений символов).

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Тогда что получается, вы всякий раз длину кортежа увеличиваете, и, я так понимаю, это приводит с увеличением длины к снижению вот этого разброса – максимум-минимум?

Соискатель

Математическое ожидание это среднее значение кортежа мягких решений символов и практически постоянное не зависимо от объеме выборки.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

А тогда на следующем, на десятом плакате? Здесь чем моделирование отличается? Здесь «Сигма квадрат»...

Соискатель

Оценке дисперсии кортежей символов.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

(кажется, говорится про 11-й плакат) Вы использовали численный метод определения, метод мягких решений недвоичных символов. « $H_1$ ,  $H_2$ » – это символ у вас?

Соискатель

Все методы вычисляют некое «расстояние», или уровень сходства между гистограммами – распределениями пикселей.

Обозначения:

$H_1(i)$  – значение функции распределения в  $i$ -м бите;

$H_1$  – среднее по распределению.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

А какое значение от корреляции получили?

Соискатель

Получены значения от корреляции в таблице сохранили.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Какая оценка корреляции, составляли корреляционные таблицы? Покажите.

Соискатель

Здесь не показан, только использовали для анализа метода.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

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

Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **профессору Гладких Анатолию Афанасьевичу**

Научный руководитель

Уважаемая Надежда Глебовна, уважаемые члены диссертационного совета! Судьба столкнула меня с Таквой в 2015-м году. За это время мы прошли путь, который сегодня был доложен. Она начинала работу, вообще говоря, с нуля. Долгое время не удавалось найти то узкое место, которое требовало своего разрешения на уровне диссертационной работы. И когда это направление появилось, в качестве когнитивного подхода к декодированию, то я увидел, что Таква – это целеустремлённый человек, которая очень цепко борется за научный результат. Научный результат, который имеет достаточно хорошие приоритеты по сравнению с известными результатами.

Я знаю, что я не могу здесь говорить о работе, но я могу отметить, чтобы было понятно, что же ключевым является в этой системе. Перестановочный декодер, который был открыт Мак-Вильямс в 1964 году, каждый раз при приёме комбинаций и при определении конкретной перестановки должен был работать классическим методом, который был назван на одном из плакатов. Надо было вычислить дискриминант, потом обратную матрицу найти и даже если эта перестановка повторяется, он выполнял эти действия! Мы задали себе вопрос: зачем повторять эти действия, когда подобный результат был когда-то получен? Этот результат мы записали в когнитивную карту. И после этого, если мы видим, что такой результат появился, то в этом случае мы обращаемся к когнитивной карте и делаем всего 7 шагов, вместо того чтобы делать 336 шагов. Вы сами понимаете, что 7 шагов в процессоре значительно быстрее выполняются, чем 336.

Задача заключалась теперь в том, когда Таква посчитала, что объём когнитивной карты очень большой для длинных кодов, и оказалось, что его можно сократить – и это её заслуга! Она нашла именно это, выполнив около пятисот вычислений для различных перестановок вручную. Тогда была замечена система. Оказывается, проверочная матрица полностью зависит от структуры перестановок! И тогда появились циклические сдвиги и эталонные матрицы, тогда мы с пяти тысяч перешли на тридцать, и далее на пять матриц. Выигрыш, конечно, здесь замечательный! Проигрыш только в том, что если мы берём эталонную матрицу, то какое-то время тратится на то, что мы работаем с перестановкой строк и столбцов. Не больше. Но это не арифметические действия, это обычная сортировка.

Вот в этом плане, отмечаю наблюдательность моей подопечной и её стремления достичь научного результата заслуживают уважения. Я прошу поддержать нашу работу! Спасибо за внимание!

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 7 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.**

**Обзор отзывов**

поступивших на автореферат диссертации Ал Тамими Т.Ф.Х. на тему «Разработка и моделирование перестановочного декодера недвоичного избыточного кода на базе когнитивной метафоры», представленной 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».

**На автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные.**

**1. ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».**

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Информационная безопасность», д.т.н., профессором **Карташевским В.Г.**

**Замечания:**

- Не ясно каким образом формировать мягкие решения символов недвоичных кодов в условиях применения сложных видов модуляции, например, при обработке сигналов видеоряда и переходе от двоичных видов модуляции к системам с QPSK или с КАМ. Насколько в новых условиях будет эффективен введенный в работе коэффициент правдоподобия (с. 11).
- Отсутствует анализ возможности применения сдвиговых регистров для кодирования приемником данных переставленного пологого вектора, взамен умножение этого вектора на порождающую матрицу эквивалентного кода. Решение этой задачи позволило бы дополнительно снизить сложность реализации перестановочного декодера.

**2. ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**

Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры «Математика» **Сергиенко Л.А.**

**Замечания:**

- В автореферат отсутствуют четкие рекомендации по использованию когнитивной процедуры в оценке предложенного коэффициента правдоподобия декларированной на с. 13.
- Из материалов первой главы и последующего изложения материала не ясно, что следует понимать под сенсорной плоскостью в структурной схеме исследованного в работе перестановочного декодера.

**3. Закрытое акционерное общество «Институт телекоммуникаций»**

Отзыв подписан научном секретаря института, к.т.н. **Аванесов М.Ю.**

**Замечания:**

- Из текста автореферата не ясно, в какой мере допустимо применение предложенного в работе коэффициента правдоподобия для выработки мягких решений в условиях использования сложных видов модуляции.
- Предполагая использование каскадного кодирования в системе выработки мягких решений для символов недвоичного кода (с. 14 автореферата), соискатель не поясняет природу появления локального максимума по вероятности ошибочного приема для отдельных оценок двоичных символов при низких отношениях сигнал-шум (рисунок 7), высказывается только предостережение об использовании такого подхода.
- В ходе оценки сложности реализации предложенных алгоритмов по числу арифметических операций (таблица 3, с. 24), судя по автореферату, не учитывались затраты на сортировку символов по результатам выработки мягких решений для реализации их прямых и обратных перестановок, которые в зависимости от длины кода могут оказаться соизмеримыми с затратами на производство быстрых матричных преобразований.

**4. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»**

Отзыв подписан доцентом кафедры «МЭС и ОС», к.т.н. **Ибрагимов Р.З.**

**Замечания:**

- В автореферате на рисунках 8-11, 13 проводятся результаты имитационного моделирования систем формирования мягких решений символов комбинаций недвоичных кодов, которые представляют гистограммы тех или иных вероятностных характеристик; к сожалению, по этим гистограммам невозможно оценить количественные показатели проведенных испытаний, дается лишь общий обзор распределения оценок мягких решений.
- Из автореферат не ясно каким образом возможно использовать введенный в работе коэффициент правдоподобия в условиях применения сложных видов модуляции, например, QPSK или KAM.

- Имеется ряд редакционных погрешностей, например, на странице 17 автореферат автор приводит три утверждения, которые корректно доказывает, но в последующем на странице 18 они именуется теоремами.

#### **5. ГБОУ ВО «Нижегородский инженерно-экономический университет»**

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», к.т.н., доцентом **Семенов Д.А.**

##### **Замечания:**

- Не ясно, почему содержание ячеек таблицы 2 кончится в эталонную матрицу для столбов в канонической форме (в редакции автора), а строки такой матрицы нумеруются из состава ячейки с циклической последовательностью не имеющие характер возрастания номеров (пример на с. 24).
- Не понятно для какого из двух кодов в таблице 4 (последняя строка) приведены данные по объему когнитивной карты.
- Рисунок 14 слишком упрощенно демонстрирует организацию схемы на ПЛИС для системы двухэтапных быстрых матричных преобразований.

#### **6. ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. а. н. Туполева – КАИ, институт радиоэлектроники и телекоммуникаций (ИРЭТ)**

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Радиоэлектронные и телекоммуникационные системы», д.ф.-м.н., профессором **Надеевым А.Ф.**

##### **Замечания:**

- Судя по автореферату, в работе не рассматривалась процедура сортировки символов по индексам мягких решений, а, следовательно, не оценивалась сложность реализации именно этого этапа преобразований, при этом указанная сортировка применяется в алгоритме перестановочного декодирования дважды: прямая и обратная.
- По результатам моделирования многопараметрического процесса формирования мягких решений символов (рисунок 7 на с. 14) в автореферате не дается пояснения относительно возникновения локального максимума в оценке вероятности ошибочного решения для мягкого решения при низких отношениях сигнал/шум. Обычно такие функциональные зависимости изменяются монотонно, а причиной появления максимума является ошибка проверки четности, входящая в выражение (2).

#### **7. Воронежский институт министерства внутренних дел Российской Федерации**

Отзыв подписан заместителем начальником кафедрой «Инфокоммуникационные системы и технологий», к.т.н., доцентом **Пьянковым О.В.**

##### **Замечания:**

- В автореферат недостаточно полно приведены результаты верификации программно-аппаратной реализации когнитивной карты декодера.
- По паспорту специальности 05.13.18 диссертация должна соответствовать не менее чем трем пунктам паспорта указанной специальности, однако в автореферате приведено соответствие двум пунктам.

Председатель

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

Соискатель

По поводу замечаний ведущей организации, со всеми замечаниями я согласна.

С замечаниями в отзывах на автореферат, я согласна.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту **-д.т.н., доценту Овечкину Геннадию Владимировичу.**

Уважаемые коллеги, я внимательно ознакомился с данной работой. Тема работы является действительно актуальной. Современные системы становятся всё сложнее, соответственно, предъявляются всё более жёсткие требования к системам управления. В частности по достоверности и по оперативности доставки управляющих сообщений. С одной стороны, достоверность можно повысить с помощью применения более мощных методов коррекции ошибок, но с другой стороны, применение данных методов приводит к увеличению объёма вычислений на приёмной стороне, что снижает оперативность доставки этих сообщений. И в данной диссертационной работе все усилия были направлены на то, чтоб уменьшить вычислительную сложность декодера, с тем, чтобы можно было заменить более сложный декодер в системах управления и повысить достоверность передачи этих сообщений.

В силу того, что я немного приболел, сложно говорить, подробно останавливаться на остальных моментах не буду и соискатель и в отзыве ведущей организации они подробно рассмотрены.

Отмечу, что диссертация имеет классическую структуру, оформлена аккуратно, все разделы достаточно аргументированы, подробно, в должном объёме изложены. Также отмечу, что название диссертации верно отражает её содержание, автореферат также отражает содержание диссертационной работы. Тематика работы соответствует заявленным специальностям. Работа имеет достаточную апробацию, все материалы изложены в девяти научных квалификациях, четыре статьи в журналах ВАК и остальные один патент РФ на изобретение, доклады на конференциях, также имеется внедрение результатов работы.

Далее более подробно остановлюсь на замечаниях:

1. Из текста диссертации не ясно в какой мере из процедуры копирования переставленной кодовой комбинации приёмником для поиска вектора ошибок исключается процесс матричных преобразований после нахождения порождающей матрицы эквивалентного кода, не ясно

используются ли при этом сдвиговые регистры, которые в общем случае призваны упростить процедуру кодирования.

2. Диаграммы испытаний имитационных моделей в различных условиях действия мешающих факторов дают только общее представление о распределении оценки надёжности (мягких решениях символов). Количественные оценки по результатам моделирования не приведены, поэтому трудно судить насколько перестановочное декодирование будет эффективно в условиях низких отношений параметра «сигнал / шум».

3. В тексте работы нет прямых указаний на приложения, представленные на съёмном носителе.

4. В таблице 3.6, на странице 100 в диссертации и соответствующей таблице в автореферате не отредактирована нижняя строка, в которой приведены одновременно сведения для двух различных кодов Рида – Соломона.

5. В работе имеются ряд стилистических ошибок и орфографических ошибок, которые, впрочем, не существенно мешают восприятию текста диссертации.

Вместе с тем, данные замечания не снижают ценности научной работы и не влияют на качество полученных результатов. Поэтому считаю, что диссертация Ал Тамими Таква Флайих Хасан является законченной научной работой, в которой содержатся решения научных задач оптимизации вычислительного процесса в системе перестановочного декодирования, а автор диссертационной работы заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.05 и 05.13.18. Подпись и дата.

#### Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

#### Соискатель

Ответ на замечания оппонента доцента Овечкина Г.В. поясняю, что со всеми замечаниями я согласна.

#### Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **к.т.н., доценту Копитанчуку Василию Вячеславовичу.**

Диссертационная работа Ал Тамими мне представляется актуальной, поскольку она направлена на сокращение времени циклов управления перестановочным декодером. Автором предложено оригинальное решение этой проблемы. Кроме того, мне понравилось, что автором рассматриваются недвоичные коды. Позвольте на структуре содержания работы не останавливаться подробно. В отзыве также отражена новизна, обоснованность и достоверность основных выводов работы. Автором получен патент Российской Федерации в 2017 году.

Позвольте подробнее остановиться на замечаниях по диссертационной работе. Отмечаю высокий уровень диссертационной работы и глубокую проработку темы. Тем не менее, имеются недостатки, выявленные в ходе рецензирования.

1. Недостаточное внимание уделено обсуждению справедливости равенства (выражения 1.18 на странице 39), которое было приведено без ссылки на первоисточник и по сути является ключевым для системы с перестановочным декодированием. Из приведённого выражения и объявленных значений его символики следует, что все символы принятой кодовой комбинации принимаются ненадёжно и стираются, что собственно является маловероятным частным случаем в определении вероятности ошибки принятого кодового вектора и не может служить обобщением на все множество вероятных событий.

2. Во второй главе мало внимания уделено одному из важных современных направлений согласования скорости передачи данных в системе когерентных сетей и темпах обработки этих данных в процессорах приёмниках на ПЛИС, где перестановочное декодирование может сыграть свою положительную роль. Это в разделе 2.1 диссертации.

3. Встречаются, к сожалению, различные обозначения одних и тех же параметров, используемых в разных главах. Так в главе первой перестановочная матрица обозначается через символ «R», на странице 25, а в главе третьей эта же матрица именуется, как «P», на странице 81, что в некоторой степени затрудняет чтение работы.

Отмеченные недостатки не умаляют важность достигнутого соискателем практического результата. Работа представляет собой законченный научный материал, содержащий достаточно обоснованное теоретическое и практическое решение проблемы применения систем управления с использованием вычислительных устройств в формате с перестановочным декодером корректирующих кодов на базе применения когнитивной процедуры обработки данных.

Содержание работы изложено последовательно, подчиняется заявленной цели исследования. Работа содержит выносимые для публичной защиты обоснованные научные результаты и положения. Обладает новизной технических решений, практической и теоретической значимостью.

Согласно ГОСТ 07.011.2011 и пункту 14 положения о порядке присуждения учёных степеней, в диссертации не содержится заимствования материалов без ссылок на авторов и источники заимствования.

Диссертация Ал Тамими Таква Флайиих Хасан на соискание учёной степени кандидата технических наук соответствует пункту 9 положения о присуждении учёных степеней и является законченной научной квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи построения перестановочных декодеров двоичных кодов с использованием когнитивной метафоры. Автор диссертационной работы заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научным специальностям 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления и 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Подпись и дата.

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

Ответ на замечания оппонента доцента Копитанчука В.В. поясню, что со всеми замечаниями я согласна.

Председатель

Кто хочет выступить?

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Я имел возможность наблюдать, как готовится эта диссертация, часто заходил на кафедру «Телекоммуникации», там, где Анатолий Афанасьевич занимается со своими студентами, и очень часто видел нашу соискательницу. Они очень оживлённо беседовали и я видел, что была проделана очень большая работа и соискательницей, и очень по работал Анатолий Афанасьевич. И результат тоже впечатляет. Я задавал вопросы и ждал на них довольно простых ответов, но, наверное, потому что имел место языковой барьер, соискательница не поняла вопроса. Так из отзывов оппонентов и руководителя мне стало понятно, что можно было просто написать, что применение этих методов даёт возможность в тридцать раз или в сто раз увеличить частоту, скорость передачи информации за счёт сокращения этой. Почему нет? Если данные начинают поступать слишком быстро, и декодер не успевает их обрабатывать.

Тем не менее, ещё я спрашивал, что, может быть, и не нужно такое. Что и сейчас вычислительная техника справляется с декодированием. Может быть, это всё и не нужно? Но, видимо, нужно и очень необходимо в современных системах управления. В целом, работа очень хорошее впечатление производит, и я буду голосовать «за». И соискательница в этом глубоко разобралась.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Я тоже внимательно следил за этой работой, поэтому и вопросы не задавал. Я очень рад, что в научной школе у Анатолия Афанасьевича, которая уже создаётся, появилась замечательная ученица. Хотя я сначала не очень верил, что всё получится, но я оказался не прав, получилось. Таква оказалась очень работоспособной, толковой. И действительно, изобретение, которое она сделала, позволяет существенно сократить объём вычислительных затрат на приёмной стороне. Скорость передачи информации по каналу связи не меняется. Канал связи определяет эту скорость и все определяется на борту. Можно увеличить длину кода при том же объёме оборудования. То есть обрабатывать более сложные кодовые последовательности, исправлять большее число ошибок. А самое главное – сейчас же масса применений для различных автономных средств управления. Например, для беспилотных летательных аппаратов. И там вычислительные ресурсы и потребление мощности играют колоссальную роль. И поэтому для передачи информации, например, на борт по методу защищённой информации, вот эти результаты имеют принципиальное значение.

Виктор Ростиславович задавал и другие вопросы: если будет перерыв в связи, как будет себя вести эта система? Я честно скажу, и Анатолий Афанасьевич, и я не ответили бы на этот вопрос. Это вопрос, видимо, исследований докторской диссертации. Так что

некоторые вопросы подобных систем оказываются очень непростыми! Я думаю, что Таква в будущем, может быть, и займётся динамикой обработки данных. То есть динамическими ошибками, которые возникают в рассматриваемых системах. Процессы сложные! Потому что сначала будет увеличиваться число ошибок, проверочных разрядов, потому что пропал сигнал, и нет проверочных символов. Потом вообще ничего не будет – просто одни ошибки. И потом будет постепенное нарастание данных, когда число ошибок проверочных разрядов будет меньше, чем позволяет декодировать этот код, тогда всё восстановится. Но эта динамика – это предмет для непростого исследования! Так что, Виктор Ростиславович, я думаю, что надо сказать Такве большое спасибо, за то, что такие сложные задачи здесь обсуждались.

Ещё мне очень приятно, что здесь присутствует Абдулкадим Хуссейн, это муж Таквы, он первый иностранец, который защитился в нашем совете. И если совет поддержит, я лично буду голосовать «за», то сегодня будет первая семья! – семья из двух кандидатов наук, которые защитились в нашем совете. Спасибо!

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

На свой вопрос я до конца ответ не получил, то, что я хотел бы услышать. Потому, что матрицы эквивалентных кодов, которые используется в этой информационной технологии позволяют так быстро работать, но их же тоже нужно получить. И я пытался спросить, какие трудозатраты идут на их получение? Они априорно получаются, да, они не влияют на скорость работы, но априорно их нужно получить, тем не менее. Но, что бы я хотел заметить, оценка метода производилась для, так называемых, встраиваемых систем, в частности здесь использована Altera и показано, что далеко не на самой мощной ПЛИС и не на самой быстрой ПЛИС осуществляется декодирование успешно, как было показано на плакате. И ещё один момент. Как мне кажется, эта технология может быть использована и для работы с большими базами данных, которые расположены удалённо, либо в «облаке», на мобильном каком-то объекте, где нужно принимать решения по сложным задачам, допустим, задачам распознавания. И это может быть применено не только в этой предметной области. Область использования этого решения гораздо шире. Поэтому я считаю, что данная работа заслуживает поддержки.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Действительно, здесь показано основное преимущество того аппарата, который предложен в работе. При реализации на таких специальных средствах, как программирование логических матриц, потому что для чисто математических операций они не столь рассчитаны, хотя там и можно всё реализовать. А скорее для таких перестановочных матричных операций. Идеальная реализация для данного математического аппарата – это ПЛИС. Единственное, что мне здесь немного не хватило, соискатель дошла до этого момента, но дальше не посмотрела. Единственное, что здесь из ПЛИС использовалось, это когда осуществлялась оценка выигрыша по времени, и мы получили выигрыши в разы, например, в 48 раз. Это получилось, как раз за счёт того, что была взята «плиска» с очень коротким тактом. И понятно, что такой подход будет реализован только для этого математического аппарата. Традиционное кодирование такого выигрыша на этой «плиске» не даст,

хотя традиционно кодер – декодер реализуем. Я так понял, исследование больше получилось теоретическое, чуть-чуть не хватило практики. А так, с точки зрения практической применимости, задумка очень хорошая. Я буду «за».

д.т.н., профессор Смагин А.А.

Я хотел бы от имени специальности 05.13.18 выступить. Несколько слов о теме работы. У Анатолия Афанасьевича, научного руководителя было очень много дипломных работ, посвящённых этой тематике. И я должен сказать, что математика там довольно сложная. Мы пытались вместе с ним и с его аспирантами разобраться и понять, как всё-таки такой подход работает. И сегодня я увидел, что соискательнице пришлось влиться в эту тяжёлую работу – в систему матричных преобразований. Я помню, там ещё был разветвленный алгоритм, с которым мы разбирались очень долго, и думали, сейчас он появится здесь, но здесь его не оказалось. В общем, мне очень понравилось, как она защищалась – очень твёрдо, и проявила себя как боец. Она отстаивала своё мнение, и не в простых условиях, потому что язык всё-таки не родной для неё. Мы считаем, что работа отвечает нашему направлению, «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В комплексе всё есть по нашей специальности. Поэтому я от нас двоих хочу поддержать эту работу и буду голосовать «за».

д.т.н., профессор Тарасов В.Н.

Я третий приглашённый по специальности 05.13.18, поэтому хочу коллег поддержать. Моя задача была посмотреть качественную сторону 18-й специальности. Компоненты этой специальности присутствуют, кроме комплекса программ. Явного комплекса программ нет, как требует того 18-я специальность. На это можно ответить таким образом: используется для решения своих задач математический подход с применением программных продуктов MathCad, MatLab. Этого и достаточно. Потому, что диссертация не целиком защищается по 18-й специальности, а как совмещение двух специальностей. Поэтому я заранее с этим материалом был ознакомлен. Если бы я не согласился, я бы, конечно, и не приехал. Я поддерживаю работу и буду голосовать «за».

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

**Соискателю предоставляется заключительное слово.**

Соискатель

Я хочу выразить благодарность членам диссертационного совета за оценку работы, моя благодарность оппонентам, которые внимательно изучили работу, выразить благодарность ведущей организации за признание работы, я благодарю все уважаемых специалистов, которые дали свои замечания и отзывы.

Огромная благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Гладких Анатолию Афанасьевичу за поддержку, управление и помощь. Я планирую дальнейшую работу в этом направлении.

Председатель

Переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии Крашенинников В.Р., Афанасьеву Т.В., Браже Р.А.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Крашенинникову В.Р.

Оглашается протокол счетной комиссии.  
(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - **16** , против - **нет** , недействительных бюллетеней - **1**) диссертационный совет Д 212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Ал Тамими Таква Флайих Хасан** содержит новые решения в разработке и моделировании перестановочного декодера недвоичного избыточного кода на базе когнитивной метафоры, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Ал Тамими Таква Флайих Хасан** ученую степень кандидата технических наук по специальностям **05.13.05 и 05.13.18**.

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Ал Тамими Таква Флайих Хасан**. 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 Д212.277.01 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 13.03.2019 № \_\_\_\_\_

О присуждении Ал Тамими Таква Флайих Хасан, гражданке Ирака, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Разработка и моделирование перестановочного декодера недвоичного избыточного кода на базе когнитивной метафоры»** по специальностям 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 28.12.2018 протокол № 16, диссертационным советом Д212.277.01 созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, приказ № 847-в от 08.12.2000г.

**Соискатель:** Ал Тамими Таква Флайих Хасан, 1975 года рождения. В 2006 г. получила степень магистра наук по компьютерным наукам в Комиссии Ирака по компьютерам и информатике, Институт информатика для аспирантуры в г. Багдаде (Ирак). С 2014 по 2018 г. обучалась в аспирантуре на кафедре «Телекоммуникации» ФГБОУ ВО Ульяновского государственного технического университета.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО УлГТУ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре «Телекоммуникации».

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор Гладких Анатолий Афанасьевич, профессор кафедры «Телекоммуникации» ФГБОУ ВО УлГТУ.

**Официальные оппоненты:**

1. Овечкин Геннадий Владимирович - доктор технических наук, спец. 05.12.04, доцент, профессор кафедры «Прикладной математики» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань.

2. Капитанчук Василий Вячеславович - кандидат технических наук, спец. 05.13.18, доцент кафедры «Информатика» Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск.

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ВГТУ) г. Воронеж в своем положительном заключении, подписанным и.о. заведующего кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО ВГТУ, д.т.н., доцентом **А.В. Башкировым** и утвержденным проректором по научной работе ФГБОУ ВО ВГТУ **И.Г. Дроздовым**, указано, что

диссертационная работа Ал Тамими Таква Флайих Хасан является завершённой научно-квалификационной работой, результаты которой являются новым решением проблемы построения перестановочных декодеров и задачи снижения временных затрат на этапе их функционирования.

Сделан вывод, что диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, соответствует специальностям: 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор Т.Ф.Х. Ал Тамими заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

**Соискатель** имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 работы в изданиях, включенных в перечень ВАК, а также один патент РФ на изобретение, 4 работы в трудах и материалах Международных и Всероссийских конференций.

**Наиболее значимые научные труды по теме диссертации:**

1. Гладких А.А., Ал Тамими Т.Ф.Х. Математическая модель телекоммуникационных систем, используемых в интегрированных информационно-управляющих комплексах // Автоматизация процессов управления. – 2016. – №3(45). – С. 38–43.

2. Гладких А.А., Ал Тамими Т.Ф.Х. Система быстрых матричных преобразований в процедуре формирования эквивалентных избыточных кодов // Радиотехника. – 2017. – №6. – С. 41–44.

3. Гладких А.А., Чилихин Н.Ю., Ал Тамими Т.Ф.Х. Обеспечение достоверности данных в измерительных системах на базе сенсорных сетей // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017. – №12. – т. 15. – С. 4–9.

4. Гладких А.А., Ал Тамими Т.Ф.Х. Концепция когнитивной обработки данных в системе перестановочного декодирования недвоичного избыточного кода // Электросвязь. – 2018. – № 9. – С. 69–74.

5. Гладких А.А., Шагарова А.А., Ал Тамими Т.Ф.Х. Лексикографический декодер каскадного кода. Патент РФ. № 2619533, опубликован 16 мая 2017.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

**1. ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»** г. Самара. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Информационная безопасность», д.т.н., профессором **В.Г. Карташевским**. **Замечания:** 1. Не ясно, каким образом формировать мягкие решения символов недвоичных кодов в условиях применения сложных видов модуляции, например, при обработке сигналов видеоряда и переходе от двоичных видов модуляции к системам с QPSK или с КАМ. Насколько в новых условиях будет эффективен введенный в работе коэффициент правдоподобия (с. 11). 2. Отсутствует анализ возможности применения сдвиговых регистров для кодирования приемником данных переставленного кодового вектора взамен умножения этого вектора на порождающую матрицу эквивалентного кода. Решение этой задачи позволило бы дополнительно снизить сложность реализации перестановочного декодера.

**2. ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»** г. Иркутск. Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры «Математика» **Л.А. Сергиенко**. **Замечания:** 1. В

автореферате отсутствуют четкие рекомендации по использованию когнитивной процедуры в оценке предложенного коэффициента правдоподобия декларированной на с. 13. 2. Из материалов первой главы и последующего изложения материала не ясно, что следует понимать под сенсорной плоскостью в структурной схеме исследованного в работе перестановочного декодера.

**3. Закрытое акционерное общество «Институт телекоммуникаций» (ЗАО ИТ)** г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан научным секретарем ЗАО ИТ к.т.н. **М.Ю. Аванесовым** и утвержден генеральным директором ЗАО ИТ, заслуженным деятелем науки РФ, д.т.н., профессором **С.П. Присяжнюком**. **Замечания:** 1. Из текста автореферата не ясно, в какой мере допустимо применение предложенного в работе коэффициента правдоподобия для выработки мягких решений в условиях использования сложных видов модуляции. 2. Предполагая использование каскадного кодирования в системе выработки мягких решений для символов недвоичного кода (с. 14 автореферата), соискатель не поясняет природу появления локального максимума по вероятности ошибочного приема для отдельных оценок двоичных символов при низких отношениях сигнал-шум (рисунок 7), высказывается только предостережение об использовании такого подхода. 3. В ходе оценки сложности реализации предложенных алгоритмов по числу арифметических операций (таблица 3, с. 24), судя по автореферату, не учитывались затраты на сортировку символов по результатам выработки мягких решений для реализации их прямых и обратных перестановок, которые в зависимости от длины кода могут оказаться соизмеримыми с затратами на производство быстрых матричных преобразований.

**4. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»** г. Новосибирск. Отзыв подписан доцентом кафедры «Многоканальная электросвязь и оптические системы», к.т.н. **Р.З. Ибрагимовым**. **Замечания:** 1. В автореферате на рисунках 8 – 11, 13 приводятся результаты имитационного моделирования систем формирования мягких решений символов, которые представляют гистограммы вероятностных характеристик, к сожалению, по ним невозможно количественные показатели. 2. Из автореферата не ясно, каким образом возможно использовать введенный в работе коэффициент правдоподобия в условиях применения сложных видов модуляции, например, QPSK или КАМ. 3. Имеется ряд редакционных погрешностей, например, на странице 17 автореферата автор приводит три утверждения, которые корректно доказывает, но в последующем на странице 18 они именуется теоремами.

**5. ГБОУ ВО «Нижегородский инженерно-экономический университет»** Нижегородская область г. Княгинино. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», к.т.н., доцентом **Д.А. Семеновым**. **Замечания:** 1. Не ясно, почему содержание ячеек таблицы 2 вносится в эталонную матрицу для столбцов в канонической форме (в редакции автора), а строки такой матрицы нумеруются из состава ячейки с циклической последовательностью не имеющие характер возрастания номеров (пример на с. 24). 2. Непонятно, для какого из двух кодов в таблице 4 (последняя строка) приведены данные по объему когнитивной карты. 3. Рисунок 14 слишком упрощенно демонстрирует организацию схемы на ПЛИС для системы двухэтапных быстрых матричных преобразований.

**6. ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, институт**

**радиоэлектроники и телекоммуникаций (ИРЭТ)** Республика Татарстан г. Казань. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Радиоэлектронные и телекоммуникационные системы», д.ф.-м.н., профессором **А.Ф. Надеевым**.

**Замечания:** 1. Судя по автореферату, в работе не рассматривалась процедура сортировки символов по индексам мягких решений, а, следовательно, не оценивалась сложность реализации именно этого этапа преобразований, при этом указанная сортировка применяется в алгоритме перестановочного декодирования дважды: прямая и обратная. 2. По результатам моделирования многопараметрического процесса формирования мягких решений символов (рисунок 7 на с. 14) в автореферате не дается пояснения относительно возникновения локального максимума в оценке вероятности ошибочного решения для мягкого решения при низких отношениях сигнал/шум. Обычно такие функциональные зависимости изменяются монотонно, а причиной появления максимума является ошибка проверки четности, входящая в выражение (2).

**7. Воронежский институт министерства внутренних дел (МВД) Российской Федерации**, г. Воронеж. Отзыв подписан заместителем начальника кафедры «Инфокоммуникационные системы и технологии», к.т.н., доцентом **О.В. Пьянковым**. **Замечания:** 1. В автореферате недостаточно полно приведены результаты верификации программно-аппаратной реализации когнитивной карты декодера. 2. По паспорту специальности 05.13.18 диссертация должна соответствовать не менее чем трем пунктам паспорта указанной специальности, однако в автореферате приведено соответствие двум пунктам.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, подтверждаемой публикациями по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** научная концепция перестановочного декодирования недвоичных блоковых избыточных кодов на базе когнитивной обработки данных, позволившая существенно снизить сложность реализации таких декодеров и повысить их эффективность по времени обработки данных;

**предложен** численный метод выработки мягких решений недвоичных символов избыточных кодов, как обязательный атрибут перестановочного декодирования, в виде коэффициента правдоподобия и на основе испытаний комплекса имитационных моделей получить его вероятностные характеристики в условиях различных отношений сигнал-шум, доказав его преимущества относительно известных решений подобной задачи;

**доказана** закономерность изменения структуры порождающих матриц блоковых избыточных кодов в зависимости от структуры перестановок надежных символов принятых кодовых векторов в процедуре формирования порождающих матриц эквивалентных кодов;

**введен** новый термин «быстрые матричные преобразования», указывающий на отсутствие арифметических операций в процедуре преобразований матриц.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** положения, определяющие лексикографическую структуру когнитивной карты декодера для хранения эталонных матриц эквивалентных кодов и методику поиска таких матриц по произвольно заданной перестановке;

**применительно к проблематике диссертации** результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс моделей управления мягкой обработкой недвоичных помехоустойчивых кодов с целью улучшения эксплуатационных характеристик декодера избыточного кода;

**изложены** алгоритмы перестановочного декодирования недвоичных избыточных кодов оптимальных в смысле минимизации числа арифметических операций (вплоть до их полной замены перестановками строк и столбцов эквивалентных матриц), выполняемых на кристалле ПЛИС;

**раскрыты** противоречия в процедуре ошибочного формирования мягких решений недвоичных символов с высокими показателями на общий отрицательный результат декодирования;

**изучены** методы существенного сокращения объема памяти когнитивной карты декодера для хранения эталонных матриц эквивалентных кодов за счет использования циклических свойств групповых избыточных кодов по сравнению с объемом памяти, требуемого для хранения полного множества таких матриц;

**проведена** модернизация сложного алгоритма перестановочного декодирования с вычислением порождающих матриц эквивалентных кодов на базе арифметических операций в полях Галуа путем замены его на тривиальную процедуру хранения подобных матриц в когнитивной карте декодера и извлечения их в соответствии с текущей перестановке символов.

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

**разработаны и внедрены** алгоритмы перестановочного декодирования на базе лексикографической когнитивной карты, реализуемой на ПЛИС, получен патент РФ на устройство подобного декодера;

**определены** возможности применения подобных декодеров в системах управления реального времени, а также в системах согласования когерентных сетей с оконечными сетевыми устройствами;

**создан** корректный механизм рационального формирования когнитивной карты декодера подмножеством эталонных матриц эквивалентных кодов и доказана возможность получения из него любого элемента полного множества матриц таких кодов за счет быстрых матричных преобразований;

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

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результата на ПЛИС;

**теория** основана на анализе существующих методов построения декодеров избыточных кодов в системе информационно-управляющих комплексов (в том числе реального времени);

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

**использован** авторский комплекс программ получения сравнительных характеристик различных методов вычисления мягких решений не двоичных символов, который является новым.

**Личный вклад соискателя** состоит в обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе, в проверки исследований, включая участие в научных экспериментах, апробации результатов исследования, разработке программной системы поддержки предложенных моделей.

На заседании 13.03.2019 диссертационный совет принял решение присудить Ал Тамими Таква Флайиих Хасан ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **4** докторов наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и **3** доктора наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из **17** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **3** человек, проголосовали: за **16**, против **нет**, недействительных бюллетеней **1**.

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 01  
профессор



Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь 77.01,  
профессор

В.И. Смирнов