

ОТЗЫВ

официального оппонента Фаворской Маргариты Николаевны на диссертацию **Сергеева Александра Михайловича** «Методы преобразования изображений и кодирования сигналов в каналах распределенных систем на основе использования специальных квазиортогональных матриц», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций (технические науки)

Актуальность исследования

Передача визуальной информации по IP-сетям требует наибольшего объема сетевого трафика по сравнению с другими типами передачи цифровых данных. В настоящее время активно развиваются системы мониторинга в охранной сфере, городском видеонаблюдении, видеонаблюдении в местах большого скопления людей и т.д. Также социальные сети способствуют расширению передачи визуальной информации. Эти факторы вызывают необходимость совершенствования распределенных систем хранения и передачи информации в виде изображений и видео файлов. Такие системы решают задачи сжатия информации, защиты от искажений и несанкционированного доступа и восстановления информации на фоне естественных и искусственных помех в каналах связи.

Диссертационная работа Сергеева А.М. направлена на разработку новых методов, повышающих защищенность передачи цифровой визуальной информации в телекоммуникационных каналах, с использованием расширенного семейства специальных ортогональных матриц. При этом решаются вопросы развития теории малоуровневых ортогональных матриц на порядках, равных числам известных последовательностей, разработки новых конструкций малоуровневых квазиортогональных матриц, создания метода покадрового маскирования визуальных данных, повышения помехоустойчивости передачи данных на основе кодовых последовательностей и конструкций для фазовой (амплитудной) модуляции аналоговых сигналов в радиоканале сетевых систем.

Таким образом, можно сделать вывод об актуальности темы рассматриваемой диссертационной работы, направленной на разработку новых методов хранения и передачи цифровой визуальной информации в распределенных системах на основе IP-сетей.

Структура диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Полный объем работы составляет 153 страницы. Список литературы содержит 150 наименований.

Во **введении** Сергеев А.М. обосновывает актуальность исследований, приводит степень разработанности темы, указывает цель и поставленные задачи, формулирует положения, выносимые на защиту, новые научные результаты, а также теоретическую и практическую значимость.

ГЛАГОЛ	Документ зарегистрирован
	« 10 » <u>02</u> 20 <u>20</u> г.
	Вх. № <u>71-31/20</u>

В **первой главе** приводятся основные определения, анализируются основные ортогональные преобразования, применяемые в настоящее время. Формулируются требования к семействам матриц для задач обработки и передачи информации. Обосновывается необходимость применения специальных двухуровневых квазиортогональных матриц, обладающих блочной симметрией. Делается вывод о том, что существует потребность в получении новых кодовых последовательностей в виде строк особых двухуровневых ортогональных функций.

Во **второй главе** показано, что разнообразие последовательностей чисел дает возможность кардинально расширить базис квазиортогональных матриц, ускоряя их вычисление за счет использования новых подходов и методов. Автором предложена классификация квазиортогональных матриц, включающая все возможные случаи четных и нечетных порядков, в том числе порядки, кратные 2. Выявленная в работе связь гарантирует существование матриц Адамара неизвестной ранее структуры «ядро с окаймлением», где ядром является матрица Мерсенна, на всех порядках $4t$. Найдены цепочки взаимосвязанных значениями уровней и структурами квазиортогональных матриц с различными матрицами-предикторами.

В **третьей главе** исследуются специальные матрицы и методы их вычислений. Показано, что основные виды структурированных и неструктурированных двухуровневых квазиортогональных матриц формируют значительно расширенные семейства. Исследованы границы существования симметричных многоблочных конструкций. Сделан вывод о том, что можно вычислить симметричную матрицу Адамара на порядках до 32 в бициклической форме, на более высоких порядках – в трехблочной конструкции Пропус. Представлен метод поиска бициклических симметричных матриц Адамара на основе перекрестных ссылок и его компьютерная реализация.

В **четвертой главе** рассматривается метод двустороннего матричного маскирования с использованием квазиортогональных матриц и его особые изображения. Исследованы условия получения наилучших результатов маскирования. Приведена экспериментальная оценка влияния выбора структуры специальной матрицы на модифицированное стрип-преобразование. Показано, что двустороннее матричное маскирование может реализоваться не только с помощью двух, но трехуровневых специальных матриц Адамара-Ферма, Белевича и Зейделя, а также специальных четырехуровневых квазиортогональных матриц Мерсенна.

В **заключении** сформулированы основные выводы и результаты работы, показано, что цель диссертации достигнута путем решения поставленных задач.

В **Приложении 1** приведено описание разработанной среды моделирования. **Приложение 2** содержит копии актов внедрения.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Целью диссертационной работы является повышение защищенности передачи цифровой визуальной информации в телекоммуникационных каналах на основе новых методов с использованием расширенного семейства специальных ортогональных матриц и учета их свойств. Подробно проанализирована отечественная и зарубежная литература по теории ортогональных матриц. Автор корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Приводится большое число ссылок на работы других авторов, что свидетельствует о знании автором новейших достижений в данной области. Представленные в работе положения и выводы достаточно обоснованы и аргументированы. Разработанные программные реализации алгоритмов маскирования/демаскирования на основе предложенного метода и кодирования/декодирования на кодах Мерсенна, апробированы в реальных системах.

Результаты диссертационной работы неоднократно обсуждались на научно-практических конференциях, включая зарубежные конференции, и опубликованы в 26 печатных работах, включая 1 монографию, 11 работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах, внесенных в перечень ВАК, 4 работы, опубликованные в изданиях, индексируемых SCOPUS и Web of Science, и 10 работ, опубликованных в других изданиях. Получены 7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Достоверность научных результатов подтверждается корректной постановкой задачи исследования, корректным применением методов теории чисел, линейной алгебры, теории информации, цифровой обработки изображений, модуляции и кодирования сигналов, непротиворечивостью полученных теоретических и практических результатов, апробацией полученных результатов, а также решением практических задач и разработкой программных приложений и аппаратно-программных реализаций.

В целом, диссертационная работа изложена в грамотном, строгом научно-техническом стиле и оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ. Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы Сергеева А.М. заключается в следующем:

– предлагается новый класс математических объектов – специальные квазиортогональные матрицы, расширяющие возможность применения процедур ортогональных преобразований при решении широкого класса задач связи, защиты и радиолокации;

– впервые классифицированы экстремальные малоуровневые квазиортогональные матрицы и выявлена связь структур таких матриц, построенных на порядках последовательностей $4t$ и $4t-1$, обеспечивающая гарантированное вычисление нового вида матриц Адамара; расширено

существующее семейство ортогональных матриц, используемых для обработки цифровых данных, за счет введения новых бициклических симметричных матриц двухуровневых и модульно-двухуровневых структур Мерсенна-Уолша;

– предложена модификация метода отдельного кадрового маскирования/демаскирования цифровых визуальных данных с использованием двустороннего умножения матрицы изображения на специальные структурированные квазиортогональные матрицы;

– предложен новый подход к формированию несимметричных кодовых последовательностей для фазовой (амплитудной) модуляции сигналов в радиоканале, обладающих лучшими автокорреляционными функциями, предложены конструкции вложенных кодов с улучшенными характеристиками по сжатию сигнала на основе комбинирования кодов Мерсенна и Баркера.

Результаты получены лично автором и полностью опубликованы в рецензируемых научных изданиях, прошли апробацию на конференциях различных уровней и внедрены в производственный и учебный процессы.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования определяется тем, что предложены варианты представления квазиортогональных матриц Мерсенна в виде структур Уолша для задач фильтрации изображений, представлена классификация малоуровневых квазиортогональных матриц, что позволило создать метод вычисления матриц симметричных конструкций, в том числе двуциклических, существенно расширен выбор квазиортогональных матриц для методов преобразования данных, для матриц Мерсенна, Мерсенна-Уолша, Эйлера, Ферма получены особые изображения, инвариантные к их двустороннему матричному преобразованию в методе кадрового маскирования. Разнообразие порядков специальных симметричных матриц, соответствующих ряду натуральных чисел вплоть до высоких значений, позволяет не только выбирать матрицы в алгоритмах маскирования и сжатия, но и адаптировать преобразования к размеру обрабатываемого изображения.

Предложенные в диссертационной работе решения вносят существенный вклад в развитие методов передачи по IP-сетям и защиты визуальной информации в телекоммуникационных системах.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в разработке программной и аппаратно-программной реализаций метода матричного маскирования в реальном масштабе времени в системах встраиваемого класса на основе цифровых процессоров и ПЛИС, возможности применения модификации базового метода в широком классе распределенных IP-видеосистем на основе Wi-Fi и Ethernet, а также расширению сферы использования программных реализаций за счет обеспечения устойчивости маскированных изображений к искажениям в коммуникационном канале.

Разработанная программная реализация метода матричного кадрового маскирования видеопоследовательностей используется в видеорегистраторах мобильного назначения, разработанных ООО «АСК Лаборатория» (г. Санкт-

Петербург), в виде системы-на-кристалле с DSP-сопроцессорами (ADSP-BF523KBCZ и др.). Помехоустойчивые коды Мерсенна на основе моноциклических матриц применяется в АО «Концерн «Гранит-Электрон» (г. Санкт-Петербург) при разработке перспективных радиолокационных станций. Результаты диссертационной работы использованы в двух НИР. Получены 7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ по теме диссертационной работы за последние 3 года.

Также результаты внедрены в учебный процесс федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» при подготовке по направлению «Информатика и вычислительная техника» в дисциплинах «Проектирование систем обработки и передачи информации» и «Цифровая обработка изображений» и при подготовке по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в дисциплине «Технологии стеганографии в системах инфокоммуникаций».

Выявленные недостатки и замечания

Изучение материалов диссертационной работы выявило следующие недостатки:

1. При маскировании не учитываются текстурные особенности кодируемого изображения, что может повлиять на выбор матриц кодирования. Также видеопоследовательности рассматриваются как набор отдельных кадров, хотя существующие кодеки не предусматривают покадровую передачу (полностью передается только I-кадр).

2. В тексте диссертации автор явно не упоминает свои публикации. Приходится сопоставлять приведенные ссылки со списком литературы.

3. Трудно согласиться с тезисом, что «В качестве ортогональных преобразований в алгоритмах цифрового маркирования, как и при сжатии, наиболее часто применяют ДКП» (цит., стр. 28). В настоящее время для цифрового маркирования чаще используют цифровое вейвлет-преобразование, а цифровое преобразование Адамара – для встраивания в изображение разрушаемых цифровых водяных знаков.

4. Имеются неточности в оформлении. Подписи к рисункам, содержащим несколько подрисунков, не содержат соответствующих комментариев, хотя и приведены в тексте (например, рис. 1.5, стр. 22, рис. 1.8, стр. 26). Почему-то оказалось два рисунка 1.5 на стр. 22 и 35. Имеются опечатки.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение о соответствии диссертации требованиям и критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Представленная к защите диссертационная работа Сергеева А.М. является завершенным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, является целостной и логически обоснованной, содержит новые научные результаты и положения, а также рекомендации по их использованию на

практике. Предлагается новый расширенный класс специальных квазиортогональных матриц, классифицированы экстремальные малоуровневые квазиортогональные матрицы и выявлена связь структур таких матриц, модифицирован метод раздельного покадрового маскирования/демаскирования цифровых визуальных данных, предложены конструкции вложенных кодов с улучшенными характеристиками по сжатию сигнала на основе комбинирования кодов Мерсенна и Баркера.

Оформление диссертации и автореферата удовлетворяет требованиям соответствующих нормативно-методических документов. В автореферате диссертационной работы полностью отражены основные полученные результаты и дано краткое изложение содержания выполненных исследований. Содержание разделов автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Представленная диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Сергеев Александр Михайлович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций (технические науки).

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информатики
и вычислительной техники ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет
науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева»

Фаворская Маргарита Николаевна

30 января 2020 г.

Адрес места работы:

660037, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, д. 31

<http://www.sibsau.ru/>

Тел. 8 (391) 264-00-14

e-mail: info@sibsau.ru

Подпись Фаворская М.Н. удостоверяю
Ученый секретарь
СибГУ им. М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

