

ОТЗЫВ

Официального оппонента кандидата физико-математических наук

Ляхова Павла Алексеевича

на диссертацию Григорьева Евгения Константиновича,

выполненную на тему

«Поиск и применение циклических квазиортогональных матриц в задачах обработки информации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Теория квазиортогональных матриц Адамара как математических объектов принесла ощутимые практические результаты после успешных миссий нескольких космических автоматических станций к Марсу и к пределам Солнечной системы при кодировании передаваемых на Землю изображений. Известной проблемой, препятствующей широкому практическому применению матриц Адамара, является ограниченное количество порядков, на которых они существуют.

Для совершенствования методов преобразования информации, помехоустойчивого кодирования данных, защищенной передачи визуальных и звуковых данных по беспроводным каналам связи сегодня требуется совершенствование методологии построения ортогональных и квазиортогональных матриц различных порядков и структур. В связи с этим, разработка новых методов поиска структурированных квазиортогональных малоуровневых матриц и анализ их применения в различных задачах преобразования информации является актуальной научной задачей.

2. Характеристика содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех разделов с выводами по каждому из них, заключения, списка использованных источников и трех приложений. Диссертационная работа представлена на 129 страницах, содержит 30 рисунков, 15 таблиц, а также список использованных источников из 174 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены её цель и задачи. Представлены положения, выносимые на защиту, научная новизна результатов, их теоретическая и практическая значимость. Приведены сведения об апробации работы и практическом использовании научных результатов. Перечислены научные издания, в которых были опубликованы основные результаты исследования.

В первом разделе введены необходимые определения из теории матриц, приведено определение квазиортогональных матриц и указана их связь с ортогональными матрицами. Изложен обзор используемых на практике ортогональных и квазиортогональных матриц и их структур. Приведена аргументация в пользу поиска вычислительно простых методов получения двухуровневых структурированных матриц.

Во втором разделе обоснована необходимость поиска циклических квазиортогональных матриц, а также введены основные допущения позволяющие осуществлять поиск матриц высоких порядков. Представлен обзор известных некомбинаторных методов поиска матриц на нечетных порядках, выявлена их направленность на поиск матриц симметричной структуры. Предложен новый метод поиска матриц, при котором элементы будущей матрицы задаются первой строкой последовательности, основанной на разностных множествах Адамара. Приведены подробные примеры применения предложенного метода.

В третьем разделе описано применение двухуровневых квазиортогональных матриц с симметриями в задачах поиска кодовых последовательностей с хорошими корреляционными свойствами, а также сжатия, маскирования и помехоустойчивого кодирования визуальной информации. Предложен метод матричного маскирования аудиофайлов. Описаны основные математические преобразования для одностороннего и двустороннего вариантов маскирования.

В четвертом разделе представлены результаты моделирования и анализа корреляционных характеристик строк, найденных предлагаемым в диссертационной работе методом на основе циклических матриц. Исследованы спектральные характеристики результатов матричного маскирования изображений и качество маскирования цифровых аудиоданных. Предложен новый подход к оценке качества маскирования аудиофайлов.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научно-квалификационных работ требованиями. Автореферат в достаточной степени отражает основные научные результаты и положения диссертационного исследования.

Ценность диссертации для науки и практики определяется фундаментальностью полученных математических результатов и их востребованностью в большом количестве приложений теории связи и кодирования информации. Результаты работы могут быть использованы при пополнении библиотек матриц, способствующей расширению круга и размера задач с ортогональными преобразованиями.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, приведенные автором в диссертационной работе, обоснованы достаточным количеством примеров, демонстрирующих требуемую для инженерного применения точность получаемого результата. Автором используется классический для данной области математический аппарат и методы исследования. Результаты моделирования не противоречат результатам, которые были получены ранее другими исследователями.

Основные этапы диссертационного исследования апробированы на международных конференциях и опубликованы в авторитетных научных изданиях, на основные результаты исследований получены акты о внедрении.

Основное содержание работы опубликовано в 20 печатных работах, в числе которых 5 работ по специальности диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 4 публикации, проиндексированные в международных базах цитирования, 4 отчета о НИР и 7 работ в других изданиях и материалах конференций. По результатам работ получен патент на изобретение и зарегистрировано 11 программ для ЭВМ.

4. Новизна результатов диссертационной работы

Научная новизна полученных Григорьевым Е.К. результатов определяется тем, что в ней

- синтезирован численный метод поиска двухуровневых циклических квазиортогональных матриц на основе анализа взаимосвязей между матрицами максимума детерминанта и кодовыми последовательностями с хорошими корреляционными свойствами;

- показано, что если существует матрица Адамара с циклическим «ядром», представляющим собой циклический сдвиг разностного множества Адамара, то можно найти и квазиортогональную матрицу меньшего на единицу порядка, связанную с этим «ядром»;

- предложен единый подход к оценке качества результатов маскирования визуальных и аудио данных на основе их сравнительного анализа с белым шумом, позволяющий оценить степень защищенности маскированной информации.

5. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы Григорьева Е.К. определяется тем, что в ней:

- показано, что использование символов Лежандра и Якоби позволяет находить квазиортогональные матрицы циклической и производных от нее структур;

– показано, что строки циклических квазиортогональных матриц, найденных предложенным в работе методом, могут найти применение в коммуникационных системах, в качестве несимметричных кодовых последовательностей большой длины для модуляции сигналов;

– строки найденных циклических квазиортогональных матриц обладают улучшенными свойствами апериодической автокорреляционной функции по сравнению с прототипом - кодовыми последовательностями, основанными на разностных множествах Адамара;

– показано, что у строк найденных циклических квазиортогональных матриц, также как и у кодовых последовательностей, основанных на разностных множествах Адамара, одноуровневая периодическая автокорреляционная функция;

– предложен единый подход к оценке качества результатов маскирования визуальных и аудио данных на основе их сравнительного анализа с белым гауссовским шумом с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением равным аналогичному параметру маскированных данных, позволяющий оценить степень защищенности данных;

– показана простота применения найденных циклических квазиортогональных матриц в распределенных коммуникационных системах для обеспечения конфиденциальности передаваемой информации.

6. Замечания по диссертационной работе

6.1. В разделе 2.1 диссертации автором недостаточно подробно обоснован выбор сделанных допущений для поиска циклических квазиортогональных матриц больших порядков.

6.2. В теоретической и практической части диссертации не обоснован выбор точности вычислений. Например, в примерах 1 и 2 раздела 2.3 используются четыре десятичных знака после запятой. На графиках рисунков 4.1, 4.2 и 4.3 используются пять десятичных знаков после запятой, а также величины порядков 10^{-17} и 10^{-18} , которые, по-видимому, являются машинным нулем в выбранной среде моделирования.

6.3. Автор проводил моделирование обработки только одного хорошо известного изображения Lena. Каким образом может гарантироваться воспроизводимость результатов исследования на других изображениях?

6.4. На основании данных из рисунка 4.7 автор делает вывод о равномерном распределении полученной информации, упоминая при этом критерии согласия Колмогорова-Смирнова и Пирсона. Однако, в работе отсутствуют расчеты, подтверждающие такой вывод.

6.5. В работе отсутствуют структурированные рекомендации по практическому применению полученных в диссертации результатов.

6.6. В заключении диссертации недостаточно подробно освещены вопросы об ограничениях разработанных автором методов и подходов и о наиболее перспективных направлениях дальнейших исследований в области квазиортогональных матриц.

7. Заключение

Отмеченные недостатки не снижают общей ценности результатов диссертации для теории и практики. Диссертационная работа Григорьева Евгения Константиновича на тему «Поиск и применение циклических квазиортогональных матриц в задачах обработки информации» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует п.3-5 и п.12 паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

В работе решена научная задача разработки метода и алгоритмов на его основе для поиска структурированных квазиортогональных малоуровневых матриц. Считаю, что представленная работа полностью соответствует критериям, изложенным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (с изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Григорьев Евгений Константинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

канд. физ.-мат. наук., доцент,
заведующий кафедрой
математического моделирования
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»

«31» июля 2025 г.



ПОДПИСЬ
УДОСТОВЕРЯЮ
начальник Управления

П.А. Ляхов

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»

Почтовый адрес: Россия, 355017, г.Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Тел. 8 (8652) 95-68-08 Сайт: <https://ncfu.ru/> Email: info@ncfu.ru