

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Павельевой Елены Александровны «Анализ и восстановление изображений проекционными методами, использующими функции Эрмита», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Анализ и обработка изображений являются перспективной и активно развивающейся областью исследований. Одним из распространенных подходов к обработке изображений является использование Фурье-анализа. Функции Эрмита являются собственными функциями преобразования Фурье, поэтому разработка и применение проекционных методов, использующих функции Эрмита, представляет собой важную и актуальную задачу Фурье-анализа. Известно, что фаза преобразования Фурье содержит в себе больше информации, чем амплитуда, поэтому использование информации о фазе в проекционных методах является перспективным подходом.

Диссертация Е. А. Павельевой посвящена разработке и программной реализации новых проекционных методов анализа и восстановления изображений, а также их применению в задаче идентификации человека по радужной оболочке глаза. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Остановимся кратко на содержании диссертационной работы.

Первая глава посвящена задаче восстановления функций по фазе, полученной в результате применения проекционного метода с использованием функций Эрмита. Эффективность использования проекционного метода Эрмита обусловлена тем, что функции Эрмита являются собственными функциями преобразования Фурье, образуют полную ортонормированную в пространстве $L_2(-\infty, \infty)$ систему функций и являются локализованными с вычислительной точки зрения на конечном отрезке как в пространственной, так и в частотной областях. Предлагается метод уменьшения эффекта Гиббса вблизи границ

изображений, возникающего при применении двумерного проекционного метода с использованием функций Эрмита. Введено понятие фазы аппроксимации преобразования Фурье и показано, что фаза содержит в себе больше информации, чем амплитуда. Доказан ряд лемм и теорем о свойствах фазы аппроксимации преобразования Фурье. Условие равенства фаз двух функций сведено к системе линейных уравнений и найдена рекуррентная формула для построения матрицы системы. Доказана теорема о свойствах миноров матрицы системы, на основе которой доказана теорема о единственности восстановления по фазе аппроксимации преобразования Фурье. Предложен итерационный алгоритм восстановления функции по фазе. Все результаты численных экспериментов наглядно визуализированы, а оценка качества полученных результатов производится с помощью объективных метрик сравнения сигналов (PSNR, multiscale SSIM).

Вторая глава диссертационной работы посвящена задаче идентификации человека по радужной оболочке глаза. Приведен подробный обзор существующих методов идентификации по радужной оболочке. Предложен ряд методов, основанных на использовании аппарата функций Эрмита, для решения поставленной задачи идентификации: метод проекционной фазовой корреляции для сравнения изображений; метод ключевых точек для нахождения наиболее информативных точек текстуры изображения радужной оболочки глаза; метод сопоставления ключевых точек с помощью расстояния Хэмминга; метод сопоставления ключевых точек на основе метода проекционной фазовой корреляции. Приведены результаты работы предложенных методов, а также иллюстрации, демонстрирующие принципы работы методов. Тестирование методов проведено на биометрической базе данных глаз CASIA, являющейся общепринятой для проверки качества алгоритмов в мировой научной литературе.

В третьей главе приведено описание структуры и основных модулей программного комплекса для решения задачи идентификации человека по радужной оболочке глаза. В рамках данного программного комплекса также реализованы все основные методы обработки, анализа и восстановления изображений, предложенные в диссертационной работе.

Диссертация Е. А. Павельевой хорошо структурирована и оформлена, написана ясным языком, содержит четкие формулировки и математически корректные доказательства лемм и теорем. В работе представлены иллюстрации, показывающие результаты работы предложенных алгоритмов. Основные результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах, включая 5 работ, опубликованных в журналах перечня ВАК.

Замечания по диссертационной работе:

1. Результаты первой главы представляют собой еще один подход к известной задаче аппроксимации, основанный на использовании функций Эрмита и сдвига на гармоническую функцию с целью уменьшения краевых эффектов. По всей видимости, эффективность аппроксимации (зависимость погрешности от числа используемых параметров) имеет значение для обсуждаемого в главе 2 приложения, но, к сожалению, отсутствует какое-либо сравнение с существующими подходами.

2. Заметим, что выражение для АОПФЭ, определение которого дано на стр.

27, можно записать в следующем виде: $\sum_{k=0}^n C_k i^k \psi_k(x)$. В связи с этим теорему 1.1 можно доказать немного быстрее.

3. В формуле, определяющей одномерное преобразование Фурье на стр. 29, амплитуда и фаза имеют индекс, а в формуле, определяющей двумерное преобразование Фурье на той же странице, индекс отсутствует. Было бы лучше, чтобы обозначения вводились в работе единым образом.
4. Было бы интересно расширить применимость алгоритма восстановления по фазе для цветных изображений.

Отмеченные замечания не затрагивают основные положения работы и не снижают ее теоретической и практической ценности. Диссертационная работа Е. А. Павельевой является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным лично автором на должном научном уровне. Основные результаты опубликованы в печатных работах и докладывались на различных

международных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
старший научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Институт вычислительной
математики Российской академии наук»,
к.ф.-м.н.

С. А. Горейнов

Подпись Горейнова С.А. подтверждаю,
ученый секретарь ИВМ РАН,
д.ф.-м.н., профессор

В. П. Шутяев



«28» сентября 2015г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительной математики Российской академии наук»

119333, г. Москва, ул. Губкина, 8.

Тел.: +7 (495) 984-81-20, +7 (495) 989-80-24, факс: +7 (495) 989-80-23

E-mail: director@mail.inm.ras.ru