

ОТЗЫВ

официального оппонента

д.ф.-м.н. **Визильтера Юрия Валентиновича**

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.

Диссертационная работа Е. А. Павельевой посвящена обоснованию, разработке и программной реализации методов анализа и восстановления изображений на основе проекционных методов, использующих функции Эрмита, и применению разработанных методов в задаче идентификации человека по радужной оболочке глаза.

Актуальность темы данной работы связана с тем, что в настоящее время в связи с массовым распространением различных устройств получения и передачи изображений, порождающих огромные объемы видеoinформации, одной из важнейших областей применения методов математического моделирования и компьютерных технологий становится обработка и анализ изображений. Разнообразие и важность задач цифровой обработки изображений обуславливают необходимость разработки широкого спектра математических методов обработки изображений, их программной реализации и практического применения. Одним из существенных классов математических методов обработки изображений являются методы восстановления изображений в случае потери части данных. Также в связи с возросшими требованиями к системам безопасности и контроля доступа актуальной прикладной задачей является разработка методов биометрической идентификации личности.

Следует отметить, что рассматриваемая в диссертации задача биометрической идентификации по радужной оболочке глаза, как и любая задача распознавания визуальных образов, требует осуществлять сравнение изображений, устойчивое к их изменчивости, связанной как с условиями съемки, так и с индивидуальными особенностями сравниваемых объектов. И здесь важную роль играет развиваемая в данной диссертации идея преимущества фазовой корреляции и вообще фазовых

характеристик модели изображения перед амплитудными. В частности, для иллюстрации этой идеи в работе приводится достаточно известный факт, что если взять фазу от преобразования Фурье изображения f , а амплитуду – от преобразования Фурье изображения g , после чего сделать обратное преобразование Фурье, то получившееся изображение будет *по форме* напоминать изображение f и совсем не будет походить на изображение g . Таким образом демонстрируется, что информация о форме сигнала (изображения) кодируется именно фазой, а информация о его яркости – амплитудой. Поэтому в условиях искажений яркости именно фазовая корреляция гораздо надежнее обеспечивает сравнение и взаимную привязку изображений.

Здесь можно указать на прямую аналогию с морфологией Пытьева, где информация о форме хранится в виде набора областей разбиения кадра, соответствующего целому классу изображений одной формы, а яркость каждой области описывает лишь специфические особенности конкретного изображения из этого класса. Фазовая корреляция при этом является аналогом морфологической корреляции, которая также сравнивает изображения по форме, а не по яркости. Каков в таком случае морфологический механизм фазового описания формы? Видимо, он основан на том, что поскольку любые две гармоники разной частоты ортогональны вне зависимости от их фаз и амплитуд, их можно сгруппировать в ортогональные множества (многообразия) гармоник одной частоты, прямая сумма которых покрывает пространство сигналов (изображений). Вычисление фазы преобразования Фурье для конкретного сигнала (изображения) означает выбор гармоник с фиксированной фазой из каждого частотного множества для включения в общий ортогональный базис, который обеспечивает описание данного сигнала (изображения) в виде линейной комбинации гармоник. Полученный базис гармоник с фиксированной фазой и является аналогом базиса характеристических функций в морфологическом анализе Пытьева. Изменение амплитуд («координат» конкретной функции в данном базисе) ведет лишь к изменению яркостных характеристик при сохранении общей «формы» сигнала (изображения). Именно поэтому в яркостно-геометрических моделях сигналов и изображений, основанных на ортогональных преобразованиях с амплитудой, фазой и частотой эти параметры несут различную семантическую нагрузку: амплитуда содержит яркостную информацию; частота связана с масштабом наблюдаемых элементов и особенностей; фаза отвечает за локализацию (положение) элементов и особенностей в геометрической модели. И данная диссертация развивает принципы фазо-частотного сравнения изображений по форме при использовании аппроксимаций на основе функций Эрмита.

В первой главе диссертации предложен проекционный метод восстановления функций по фазе аппроксимации преобразования Фурье. Данный метод основан на проекционном методе Эрмита разложения функции в ряд Фурье по функциям Эрмита. Важно отметить, что при применении проекционного метода Эрмита возникает эффект Гиббса вблизи границ изображений, и для подавления эффекта Гиббса предложен метод, основанный на решении задачи Дирихле для уравнения Лапласа. Далее решена задача о единственности восстановления функции по фазе аппроксимации преобразования Фурье, приведены формулировки и доказательства лемм и теорем, связанных с единственностью восстановления. Приведено теоретическое обоснование и найдены условия единственности восстановления функции по фазе аппроксимации преобразования Фурье. Предложен алгоритм восстановления по фазе и приведены примеры работы алгоритма в одномерном и двумерном случаях. Стоит подчеркнуть, что в первой главе приведено большое количество данных, подтверждающих важность фазовой информации, как на примере задачи синтеза фазы и амплитуды, так и на примере задачи восстановления изображений по фазе.

Во второй главе диссертации решается задача идентификации человека по радужной оболочке глаза. Необходимо отметить подробный литературный обзор по методам распознавания по радужной оболочке, приведенный в начале второй главы. Предложено несколько методов параметризации изображений радужной оболочки глаза. Представляется интересной комбинация двух предложенных автором методов – метода ключевых точек и метода проекционной фазовой корреляции. В методе ключевых точек выделяются точки, несущие информацию о текстуре изображения радужной оболочки глаза. Далее вокруг каждой ключевой точки выделяется локальная окрестность с центром в данной точке и применяется метод проекционной фазовой корреляции, позволяющий оценить меру близости изображений на основе информации о фазе. Следует отметить достаточно хорошие практические результаты работы предложенных методов.

Третья глава посвящена описанию программного комплекса, созданного для решения задачи идентификации человека по радужной оболочке глаза. Приведен пример интерфейса программного комплекса. Также в данной главе достаточно подробно описаны алгоритмы предобработки изображений радужной оболочки, а именно алгоритмы выделения границ радужной оболочки, ее нормализации, выделения маски изображения радужной оболочки и выравнивания освещенности. В рамках программного комплекса также предложены и реализованы два дополнительных проекционных метода параметризации изображений – иерархический проекционный

метод с использованием функций Эрмита и полярный метод Эрмита.

Все методы, предложенные в диссертационной работе, реализованы в виде комплекса программ, результаты работы которого подтверждают эффективность применения данных методов. В работе представлено достаточное количество примеров и иллюстраций, подтверждающих научные выводы, сделанные автором. Все теоремы и утверждения, присутствующие в работе, снабжены подробными и последовательными доказательствами.

При этом можно указать следующие недочеты по содержанию и оформлению данной работы:

1) В качестве численных характеристик работы предложенных алгоритмов биометрической идентификации по радужной оболочке глаза в работе приводятся значения ошибок EER и графики гистограмм распределений «своих» и «чужих» сравнений в зависимости от расстояния, используемого в качестве биометрической меры сходства. Такое представление позволяет судить о работоспособности алгоритмов, однако в области биометрии приняты известные стандартные способы оценки качества алгоритмов – в задаче верификации (сравнения 1:1) по значениям или кривым ошибок первого и второго рода FAR-FRR, в задаче идентификации (сравнения 1:N, поиска в базе) по вероятности вывода правильных кандидатов на первые заданные места или соответствующим кривым СМС. Желательно было бы привести данные о характеристиках разработанных биометрических алгоритмов в такой стандартной форме.

2) Желательно было бы также провести экспериментальное сравнение качества биометрического распознавания, обеспечиваемого предложенными алгоритмами, с какими-либо другими алгоритмами или системами биометрической идентификации по изображениям радужной оболочки глаза.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Работа производит целостное впечатление, написана на хорошем математическом уровне, содержит четкую постановку задачи, доказательства ряда теоретических утверждений и описание успешного практического приложения. Описанные выше оригинальные результаты работы не имеют аналогов в известных оппоненту публикациях, т.е. являются новыми научными результатами. Содержание диссертации в достаточной степени опубликовано в научной печати – в 16 работах, из них 5 статей в изданиях из перечня ВАК. Основные результаты также неоднократно

докладывались на российских и международных конференциях и семинарах. Научная достоверность и обоснованность полученных результатов определяются корректностью применения используемых в работе математических методов, а также полученным в ходе экспериментов с реальными данными подтверждением практической работоспособности предложенных методов.

В целом данная диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне на актуальную тему, содержит новые научные результаты, имеющие существенное значение для рассматриваемой предметной области, и отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Павельева Елена Александровна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент,
начальник подразделения
ФГУП «ГосНИИАС»,
д.ф.-м.н., с.н.с.

Визильтер Ю. В.

Подпись Визильтера Ю. В. заверяю.

Ученый секретарь ФГУП «ГосНИИАС», д.т.н.

17.09.2015



Мужичек С. М.

Визильтер Юрий Валентинович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, начальник подразделения "Системы интеллектуального анализа данных, технического зрения, улучшенного и синтезированного видения" Федерального государственного унитарного предприятия "Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем" (ФГУП "ГосНИИАС").

г. Москва, ул. Викторенко, 7, тел.: (499) 157-94-98, e-mail: viz@gosniias.ru.