

Результаты обучения для 09.04.02 Информационные
системы и технологии (магистратура)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (ФГОС 3+), критерии АИОР
Общепрофессиональные компетенции		
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-1, ПК 8-12, ОК-4), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-5, ПК-7, ОК-3), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-2,6, ПК-1, ОК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-3,4, ПК-2,3, ОК-2), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Профессиональные компетенции		
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.	Требования ФГОС 3+ (ПК-1,2,3, ОПК-2, ОК-1), критерий 5 АИОР (п.1.3), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.	Требования ФГОС 3+ (ПК-7,13, ОПК-1, ОК-4), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.	Требования ФГОС 3+ (ПК-4,17, ОПК-6, ОК-4,7), критерий 5 АИОР (п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач. Организовывать взаимодействие коллективов, принимать управленческие решения, находить компромисс между различными требованиями как при долгосрочном, так и при краткосрочном планировании.	Требования ФГОС 3+ (ПК-5,6,14,15,16, ОПК-1,2, ОК-4), критерий 5 АИОР (п. 1.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Общекультурные компетенции		
P9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.	Требования ФГОС 3+ (ОК-4,7, ПК-8-12, ОПК-1,6), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.	Требования ФГОС 3+ (ОК-3, ПК-7, ОПК-4,5), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.	Требования ФГОС 3+ (ОК-1,5, ПК-1, ОПК-2), критерий 5 АИОР (п. 2.4, п. 2.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы

		студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P12	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.	Требования ФГОС 3+ (ОК-2,6, ПК-2,3, ОПК-3), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра Вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ4А	Хлопонин Илья Александрович

Тема работы:

Исследование инвариантных корреляционных фильтров для задач распознавания образов
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы: 06.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Базы данных рукописных цифр – MNIST и лиц – FERET
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор литературы по теме диссертации Реализация алгоритмов обучения инвариантных корреляционных фильтров типа MACE и ASEF Проведение экспериментов на предоставленных наборах данных Обработка и анализ полученных результатов
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Антонова И.С.
Социальная ответственность	Пустовойтова М.И.
Раздел на английском языке	Шепетовский Д.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор	
Определения, сокращения	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Болотова Ю.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ4А	Хлопонин Илья Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 104с., 13 рис., 45 табл., 16 источников.

Ключевые слова: MACE, ASEF, ИНВАРИАНТНЫЙ КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ФИЛЬТР, MNIST, FERET.

Объектом исследования являются алгоритмы, которые относятся к классу методов сравнение с шаблоном, по распознаванию базы рукописных цифр и поиску зрачков.

Цель работы – провести сравнительный анализ работы корреляционных фильтров, при решении задачи распознавания рукописных цифр и поиска зрачков на изображениях лиц.

В процессе работы над диссертацией был проведен обзор существующих корреляционных фильтров, в результате чего для реализации были выбраны фильтры MACE и ASEF, Автором была разработана программа, реализующая выбранные фильтры и проведены численные эксперименты по распознаванию рукописных цифр и детектированию зрачков на изображениях.

В работе приведены алгоритмы создания и использования корреляционных фильтров ASEF и MACE на основе базы рукописных цифр MNIST и базы лиц FERET, также приведены результаты их работы.

Область применения: MACE и ASEF корреляционные фильтры могут применяться в задачах компьютерного зрения для поиска, распознавания, сравнения объектов.

Определения, сокращения

MACE – minimum average correlation energy filter;

MVSDF – Minimum Variance Stochastic Discount Factor;

OTF – optical tunable filter;

PSR – peak to side lobe ratio;

SDF – synthetic discriminant function;

ASEF – average of synthetic exact filters.

UMACE – Unconstrained Minimum Average Correlation Energy;

UOTSDF – Unconstrained Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function;

MACH – Maximum Average Correlation Height;

MOSSE – Minimum Output Sum of Squared Error;

КФ – Корреляционные фильтры;

MMCF – Maximum Margin Correlation Filter

MMVCF – Maximum Margin Vector Correlation Filter

OTSDF – Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function

OTCHF – Optimal Trade-Off Circular Harmonic Filter

MACE-MRH – Minimum Average Correlation Energy – Mellin Radial Harmonic Filter

MACH – Maximum Average Correlation Height

VCF – Vector Correlation Filter

PCF – Polynomial Correlation Filter

DCCF – Distance Classifier Correlation Filters

SVM – Support Vector Machine

ДФП – дискретное Фурье-преобразование

Содержание

Введение	11
1. Исследования корреляционных фильтров	12
1.1. Понятие корреляции	12
1.2. Корреляционные фильтры	13
1.3. Фильтры без ограничений.....	16
1.4. Ограниченные корреляционные фильтры.....	18
1.5. Переограниченные фильтры.....	20
2. Расчеты	21
2.1. Базы для создания КФ	21
2.1.1. База MNIST	21
2.1.2. База FERET	22
2.2. MACE фильтр.....	23
2.2.1. Создание MACE фильтра на основе изображений из базы MNIST.....	24
2.2.2. Создание MACE фильтра на основе изображений из базы FERET	29
2.3. ASEF фильтр	30
2.3.1. Создание ASEF фильтра.....	30
2.4.1 Листинг функций	31
2.4.1.1 eyeExtractor, eyeSupressor	31
2.4.1.2 myImRead	32
2.4.1.3 buildTrainingData	32
2.4.1.4 getPsr.....	32
2.4.1.5 buildFilter	33
2.4.1.6 createOctaveData	33
4. Социальная ответственность.....	38
4.1 Требования предъявляемые к ПЭВМ	39
4.2 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ.....	41
4.3 Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ	42
4.4 Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПЭВМ.....	43
4.5 Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ	44
4.6 Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ	45
4.7 Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей.....	47
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
Предпроектный анализ.....	51

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
5.4 Коммерциализация ИС	54
5.4.1 Оценка готовности проекта к коммерциализации	54
5.4.2 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования ...	56
5.5 Инициация проекта	56
5.6 Планирование управлением научно-техническим проектом	58
5.7 Бюджет научного исследования	61
5.7.1 Расчет заработной платы исполнителей проекта	62
5.8 Организационная структура проекта	66
5.9 Оценка сравнительной эффективности исследования	68
5.10 Оценка абсолютной эффективности проекта	71
Заключение	78
Список использованных источников	81
Приложения	83
Приложение А	83
Приложение Б.1	87
Приложение Б.2	88
Приложение В.1	89
Приложение В.2	90
Приложение Г	91
Приложение Е	93
Приложение Ж	102

Введение

Сегодня все больше и больше областей человеческой жизни подвергаются автоматизации и роботизации. Для того чтобы компьютеры могли производить манипуляции в окружающем их пространстве, необходимо преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой и давать интерпретацию образам запечатлённым на изображениях. Таким образом область компьютерного зрения с каждым днем приобретает все большее значение. Корреляционные фильтры, отвечающие за распознавание образов, являются частью области компьютерного зрения, поэтому до сих пор не теряют актуальность.

Объектом исследования является задача детектирования объектов на изображениях.

Предметом исследования является распознавание цифр и детектирование зрачков на основе корреляционных фильтров MACE и ASEF.

В первом разделе данной работы проведен обзор литературы по данной тематике с выявлением аналогов.

Во втором разделе описаны алгоритмы построения и использования корреляционных фильтров на основе базы рукописных цифр и лиц.

В третьем разделе приведены результаты работы фильтров на базах рукописных цифр и лиц.

Работа выполнена в GNU Octave, язык программирования – Octave.

1. Исследования корреляционных фильтров

1.1. Понятие корреляции

Базовая концепция корреляции изображений представлена на рисунке 1.1. Задача состоит в том, чтобы найти символ “U” на исходном изображении. На рисунке 1.1 черные пикселы имеют значение яркости, равное 1, а белые пикселы принимают значение 0 [10].

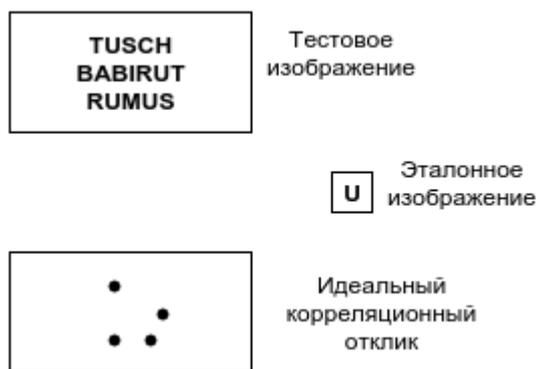


Рисунок 1.1 Схематическое изображения корреляции изображений: (а) эталонное изображение, (б) тестовое изображение, (в) идеальный корреляционный отклик.

Предположим, что необходимо определить все местоположения эталона или целевого изображения (в нашем случае это буква “U”) на тестовом изображении (которое так же называется входная сцена). Один из способов достижения этого - это кросс-корреляция целевого изображения со входной сценой. Первоначально целевое изображение располагается в верхнем левом углу входной сцены, затем, выполняется попиксельное перемножение двух массивов; все величины в результирующем массиве суммируются, в итоге получается одно значение корреляционного отклика. После этого целевое изображение сдвигается на 1 пиксел вправо, и процесс повторяется, таким образом создается двумерный массив откликов, называемый корреляционным откликом. В случае, представленном на рисунке 1.1, корреляционный отклик должен иметь четыре “пика” в тех

местах, где располагается буква “U”, а в остальных местах входной сцены должны быть нули, в том числе и для остальных букв на входном изображении. Таким образом большие кросс-корреляционные значения показывают присутствие и местоположение символов, которые мы ищем. Однако, это не всегда достижимо, потому что некоторые другие символы, визуально похожие на “U”, имеют с ним высокую кросс-корреляцию. Например, буква “C” и буква “O” имеют большую кросс-корреляцию. Корреляция может быть рассмотрена как отклик от согласованного фильтра, и это может быть оптимальным для распознавания известных сигналов искаженных дополнительным белым шумом [10].

Главной вехой в разработке корреляции для распознавания образов была работа ВандерЛюгта, который представил согласованный фильтр, содержащий комплексные величины, использующий голограммы, и таким образом, осуществляющий операцию корреляции с помощью когерентных оптических процессоров. Эта работа сделала возможным использование оптических корреляторов для нахождения и локализации эталонных изображений в обследуемых сценах [10].

1.2. Корреляционные фильтры

Алгоритмы корреляционных фильтров относятся к общему классу методов сопоставления с шаблоном. Сопоставление с шаблоном – это метод поиска и нахождения местоположения шаблона на изображении. Методы сопоставления с шаблонами часто реализуются с помощью операции свертки изображения с маской. Этот метод может быть применен как к изображениям в градациях серого, так и к контурным изображениям. Выход свертки будет высоким в тех местах, где структура изображения соответствует структуре маски.

Для реализации этого метода сначала выбирается часть изображений, из которых создается шаблон для поиска. Допустим $I(x,y)$ - это изображение для поиска, где (x,y) - координаты каждого пикселя в этом изображении.

Обозначим шаблон через $T(x_b, y_t)$, где (x_t, y_t) представляют координаты каждого пикселя в шаблоне. Затем центр шаблона перемещается по каждой точке (x, y) исследуемого изображения и вычисляется сумма произведений между коэффициентами $I(x, y)$ и $T(x_b, y_t)$ по всему шаблону. Так как все возможные положения шаблона на изображении, по которому производится поиск, возможны, позиция с наибольшим значением выхода считается лучшей позицией. Этот метод также иногда называют “линейная пространственная фильтрация”, а шаблон называют фильтром [1]. Техника сопоставления с шаблоном решает многие важные задачи компьютерного зрения, к которым относятся поиск и распознавание объектов на изображениях и сравнение объектов.

Объектом исследования данной магистерской диссертации является способ выявления структуры изображений через соотнесение с примером шаблона. Простота и эффективность этого подхода заставляет исследователей обращать на него внимание, несмотря на многие известные недостатки.

Одна общепризнанная слабость простого сопоставления с шаблоном – это то, что отклик на идеальный пример всегда будет высоким, ответ же на альтернативные примеры может быть непредсказуемым. Семейство корреляционных фильтров было разработано, чтобы преодолеть эту проблему, подавляя отклик вблизи зоны промаха на отвлекающие узоры и сохраняя хороший отклик на целевой паттерн [3].

На рисунке 1.2 представлена карта КФ предложенная в работе [9]. В семействе КФ преобладают три основных класса фильтров: ограниченные, неограниченные и переограниченные.

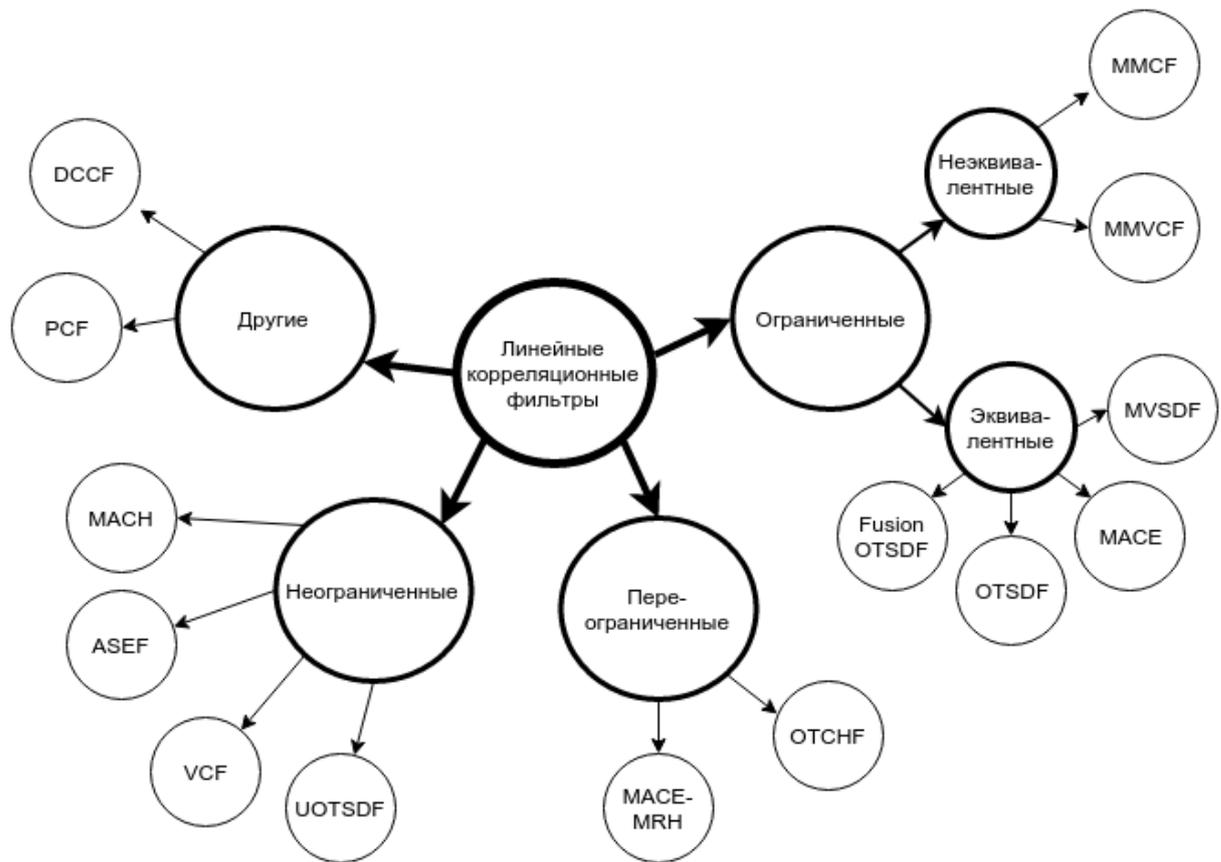


Рисунок 1.2. Семейство линейных корреляционных фильтров. Фильтры с ограничениями: неэквивалентные (MMCF, MMVCF), эквивалентные (Fusion OTSDF, OTSDF, MACE, MVSDF), переограниченные фильтры (MACE-MRH, OTCHF) фильтры без ограничений (MACH, ASEF, VCF, UOTSDF)

КФ в первую очередь стремятся явно контролировать форму отклика кросс-корреляции между изображением и фильтром в отличие от других классификаторов (например, SVM), которые только контролируют выходное значение в целевом местоположении. Для достижения этой цели было придумано много конструкций корреляционных фильтров, которые минимизируют среднеквадратическую ошибку между желаемым корреляционным откликом для истинного (или ложного) класса входного изображения и кросс-корреляционным откликом обучающего изображения с фильтром. КФ разработаны специально, чтобы свести к минимуму среднеквадратическую ошибку. Базовым КФ в обработке сигналов является согласованный фильтр (СФ). Несмотря на то, что СФ является оптимальным

для обнаружения необходимого образа в присутствии аддитивного белого шума, его способность обнаружения значительно снижается даже при наличии небольших искажений внешнего вида объекта. Для преодоления этой проблемы потребуется СФ для каждого возможного искажения объекта, с которым можно столкнуться при тренировке фильтра, что практически нецелесообразно. Впоследствии было предложено много комбинированных корреляционных фильтров, которые используют несколько тренировочных образов, тем самым учитывая искажения с этих тренировочных образов во время тренировки. Основное различие между этими различными типами КФ является наличие или отсутствие дополнительных ограничений и вида этих ограничений, используемых в конструкции фильтра. Эти дополнительные ограничения имеют отношение к значению корреляции в целевом месте, например, некоторые КФ в дополнение к минимизации потерь, также имеют функцию потерь, связанную со значением корреляции в целевом месте. Это позволяет точно контролировать значение корреляционного отклика в месте расположения объекта, в то время как уравнение корреляции управляет общей формой корреляционного отклика [9].

1.3. Фильтры без ограничений

Представим линейную параметрическую модель для классификатора, т.е. с входным значением, x – отклик классификатора рассчитывается по формуле $c(x) = f^T + b$.

Регуляризация является широко используемым в области статистики и машинного обучения по множеству причин (например, функциональная сложность, статистическое изучение различных точек (viewpoints), вычисление точек, устойчивости численного решения). Рассмотрим потери локализации с регуляризацией для усиления устойчивости к шуму или, что эквивалентно обобщающей способности классификатора.

$$\min_f \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|x_i \otimes f - g_i\|_2^2 + \lambda \|f\|_2^2, \quad (1)$$

где λ предлагает соотношение между потерей локализации и регуляризацией. Эта задача оптимизации может быть эффективно решена в частотной области, где целевая функция, в конечной форме, имеет следующий вид:

$$\min_{\hat{f}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{f}^\dagger \hat{X}_i \hat{X}_i^\dagger \hat{f} - \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \hat{g}_i^\dagger \hat{X}_i^\dagger \hat{f} + \lambda \hat{f}^\dagger \hat{f}, \quad (2)$$

где \hat{x} обозначает преобразование Фурье над x . \hat{X} обозначает диагональную матрицу, диагональные элементы которой элементы \hat{x} и \dagger обозначающей ковариантно-сопряженное транспонирование. Решение результатов вышеуказанной проблемы оптимизации для корреляционного фильтра имеет запись в конечном виде в следующей форме:

$$\hat{f} = \left[\lambda I + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{X}_i \hat{X}_i^\dagger \right]^{-1} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{X}_i \hat{g}_i \right] \quad (3)$$

В зависимости от выбора идеальной корреляционной поверхности g можем получить один из корреляционных фильтров без ограничений: UMACE фильтр, UOTSDF фильтр, MACH фильтр или MOSSE фильтр [9].

К фильтрам без ограничений относят корреляционные фильтры, у которых на выходе нет жестких ограничений. Такие фильтры демонстрируют хорошую устойчивость к различным искажениям, сохраняя также положительные черты фильтров с ограничениями.

ASEF фильтры отличаются от ограниченных корреляционных фильтров еще тем, что свертка происходит в частотной области, что значительно упрощает сопоставление между входным и тренировочным изображениями. В частотной области операция свертки становится простым поэлементным умножением, и поэтому каждый соответствующий набор коэффициентов Фурье может быть обработан независимо. Там, где SDF определяет только одну "синтетическую корреляционную величину" на каждую тренировочную картинку, ASEF фильтры обучаются, используя ответное изображение, которое определяется желаемым ответом в каждом месте в каждой тренировочной картинке. Этот ответ, как правило, является резким пиком на целевом интересующем объекте. Одним из следствий полностью определяющим соотношение на выходе получается идеальный

баланс между ограничениями и степенями свободы для каждого учебного изображения, и поэтому полный “точный фильтр” определяется для каждого учебного изображения [3].

Наконец, ASEF фильтры предоставляют намного больше свободы при выборе обучающих изображений и при указании синтетического вывода. При обучении данного фильтра изображения обучающей выборки не надо центрировать. Для каждого обучающего изображения, мы указываем нужный отклик в том месте, где появляется цель. Так как при обучении фильтра корреляционный пик выставляется на цель, все точные фильтры являются соответственно актуальными при инвертировании процесса корреляции. Это обучение повышает гибкость, позволяя настроить нужный ответ для каждого тренировочного изображения. Например, подготовка изображений может иметь несколько целей в учебных изображениях, тогда синтетические вывод содержит несколько соответствующих пиков.

Особенностью ASEF фильтров является то, что вся корреляционная поверхность отклика определяется для каждого учебного экземпляра фильтра во время его построения. Результирующие фильтры, по одному на каждую тренировочную картинку затем просто усредняются. Получившиеся фильтры менее подвержены “переобучению” на обучающих данных, чем другие методы, и поэтому могут быть обучены на более крупных учебных выборках. В результате, они, превосходят предыдущие методы [3].

1.4. Ограниченные корреляционные фильтры

Различают два вида ограниченных корреляционных фильтров: эквивалентные и неэквивалентные корреляционные фильтры (рисунок 1.2). Эквивалентные ограниченные корреляционные фильтры в дополнение к минимизации метрики остроты пика, также ограничивают корреляционное значение в месте расположения цели. Математическое выражение эквивалентных ограниченных корреляционных фильтров следующее:

$$\min_f \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|x_i \otimes f - g_i\|_2^2 + \lambda \|f\|_2^2 \quad (4)$$

$$s. t. f^T x_i = q_i$$

где q_i обозначает величину которой мы хотим ограничить корреляционное значение в месте расположения цели. Эта формулировка, как правило, приводит к замкнутой форме решений и может быть эффективно вычислена в частотной области,

$$\min_{\hat{f}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{f}^\dagger \hat{X}_i \hat{X}_i^\dagger \hat{f} - \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \hat{g}_i^\dagger \hat{X}_i^\dagger \hat{f} + \lambda \hat{f}^\dagger \hat{f} \quad (5)$$

$$s. t. \hat{f}^\dagger \hat{x}_i = q_i$$

где q_i соответствующим образом масштабируется чтобы учесть масштабирующие множители ДФП. В зависимости от выбора g и λ получим разные виды ограниченных КФ таких как MACE фильтр, OTSDF фильтр [9].

Корреляция с шаблоном хорошо работает, если искомый объект существенно не изменяется от изображения к изображению. К сожалению, в большинстве случаев это не так из-за различий в условиях съемки, например, освещения и перспективы. Существует так же угроза, что шаблон может откликнуться на другой объект, визуально похожий на целевой.

Большое семейство корреляционных фильтров было разработано, чтобы преодолеть эти проблемы и улучшить ответ на изменчивость входных данных: MVSDF, MACE, OTSDF, Fusion OTSDF и др.

Перечисленные фильтры схожи между собой в осуществлении процесса обучения. В частности, они требуют ноль/один (целевые/нецелевые) ограничения для каждого обучающего изображения. Было обнаружено, что эти жесткие ограничения не нужны, и даже могут быть вредны для производства надежных корреляционных фильтров, к тому же эти методы требуют чтобы изображения обучающей выборки были центрированы.

MVSDF фильтры обычно подчеркивают низкие частоты, которые подавляют шум, но это так же имеет эффект получения сглаженных вершин, которые более трудны для распознавания. MACE фильтры пытаются производить

острые пики, обнаруживаемые путем минимизации средней энергии корреляционной плоскости для обучающего набора [9].

MACE фильтры обычно выделяют высокие частоты. Результатом их применения являются резкие пики, что делает фильтр более чувствительным к шуму [3].

MVSDF, MACE, и OTSDF фильтры, упомянутые выше, основаны на аналогичных методах, и имеют общие недостатки. Каждое обучающее изображение дает одно "синтетическое значение корреляции", которое является значением фильтра, которое должно быть возвращено, когда фильтр отцентрирован на изображении. Фильтры обучены на центрированных изображениях с одним корреляционным пиком, что дает мало степеней свободы, а значит, при незначительном изменении входного изображения фильтр может дать неожиданный результат[3].

1.5. Переограниченные фильтры

Корреляционные фильтры без ограничений не накладывают ограничения на корреляционный выход, а их виды зависят от выбора корреляционной поверхности.

Ограниченные корреляционные фильтры к выбору поверхности добавляют ограничения на корреляционный отклик.

Переограниченные КФ строятся, основываясь на теории гармонических функций, что позволяет получать фильтры инвариантные к вращению, но это налагает дополнительные ограничения по сравнению с предыдущими видами фильтров. Поэтому такие КФ называют переограниченными. К таким КФ относятся MACE-MRN и OTSNF фильтры [9].

2. Исследование работы корреляционных фильтров для задач распознавания цифр и детектирования зрачков

2.1. Базы для создания КФ

2.1.1. База MNIST

В данной работе при построении КФ по распознаванию рукописных цифр использовалась база рукописных цифр Национального института стандартов и технологий. База состоит из 60 тысяч тренировочных изображений и 10 тысяч тестовых изображений. На каждый номинал цифр приходится по 6000 примеров. В написании тренировочного набора цифр принимали участие около 250 человек. Все изображения базы отцентрированы, нормализованы и имеют одинаковый размер 28×28 пикселей (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1. Пример рукописных цифр базы MNIST

дополнительной информацией, в которых указаны пол, раса, наличие бороды, наличие очков, координаты левого и правого глаза, носа, рта и др.

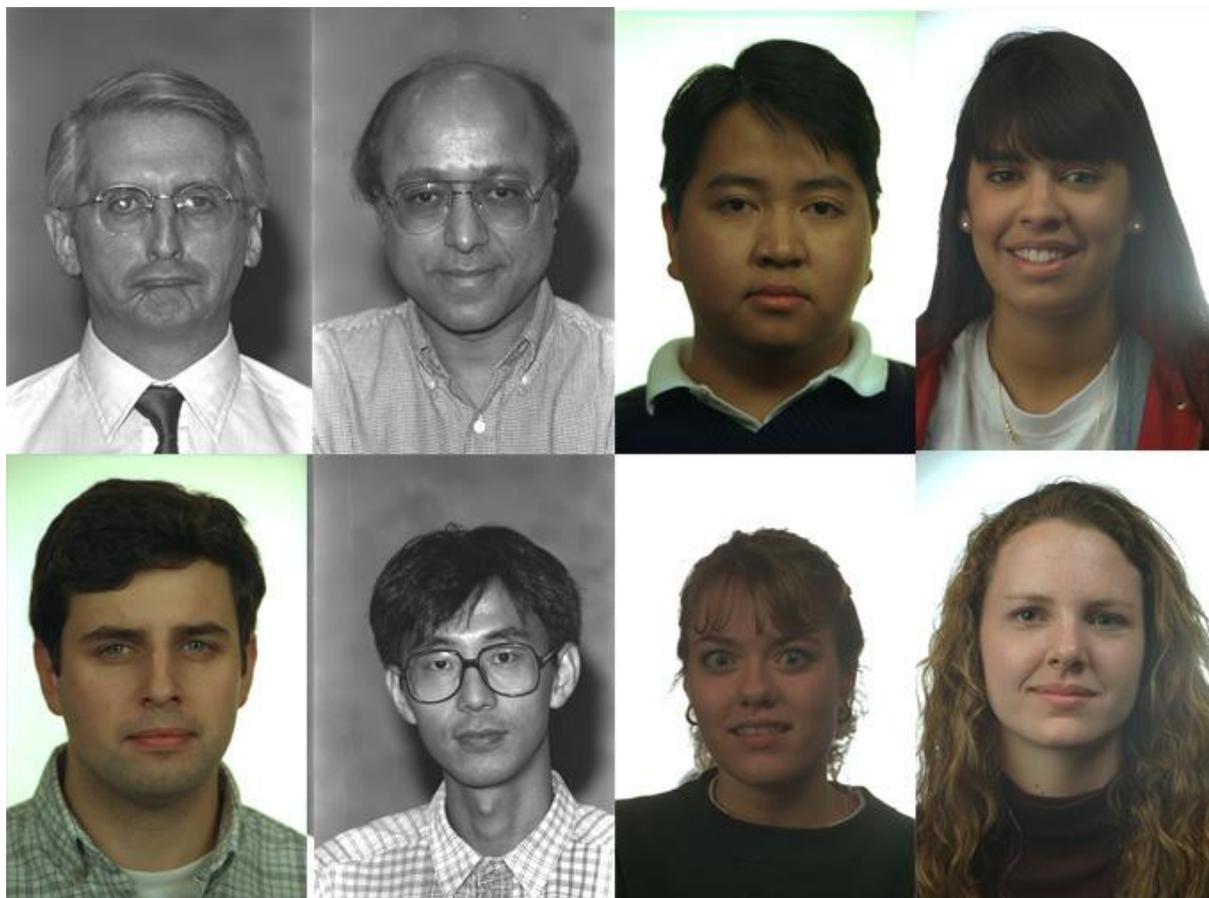


Рисунок 2.3. Примеры изображений из базы FERET

2.2. MACE фильтр

Постановка задачи синтеза КФ как задачи оптимизации обеспечивает возможность управления различными параметрами корреляционного пика - его шириной, высотой и т.п., задавая их значения для изображений из обучающей выборки. Подобный подход наиболее успешно применим для распознавания полутоновых изображений. На настоящий момент хорошо известен широкий ряд методов синтеза КФ на основе данной идеологии. В частности, при синтезе фильтра с минимальной средней энергией корреляции (MACE) минимизируется энергия в области корреляции, поэтому результатом его применения являются острые корреляционные пики. КФ MACE дает корреляционные пики с великолепными характеристиками, но

оптимизированные только для настроечного набора, распознавание зашумлённых и искажённых изображений с их помощью менее успешно; например, при решении задачи распознавания повернутых изображений пик неустойчив для промежуточных положений [2].

2.2.1. Создание МАСЕ фильтра на основе изображений из базы MNIST

Для обучения фильтра необходимо взять часть изображений, которые планируется распознавать в качестве тренировочной выборки. Обозначим через $x_i(n)$ i -ое тренировочное изображение, описываемое одномерной последовательностью. Ее дискретное преобразование Фурье обозначим через $X_i(k)$. Дискретную последовательность изображения обозначим как вектор-столбец x_i размерности d равной количеству пикселей в изображении $x_i(n)$, таким образом,

$$x_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(d),]^T. \quad (1)$$

Обозначим вектором X_i дискретную последовательность $X_i(k)$ в частотной области. Затем определим матрицу

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_N]. \quad (2)$$

Обозначим корреляционную функцию i -ой последовательности изображения $x_i(n)$ с последовательностью фильтра $h(n)$ через $g_i(n)$, таким образом:

$$g_i(n) = x_i(n) \circledast h(n). \quad (3)$$

Обозначим дискретное преобразование Фурье корреляционной функции через $G_i(k)$. Энергия i -ой корреляционной поверхности равна:

$$E_i = \sum_{n=1}^d |g_i(n)|^2 = \frac{1}{d} \sum_{k=1}^d |G_i(k)|^2 = \frac{1}{d} \sum_{k=1}^d |H(k)|^2 |X_i(k)|^2. \quad (4)$$

Уравнение 4 это прямая реализация теоремы Парсеваля, которая является выражением закона сохранения энергии. Используя векторную форму записи для последовательности изображения, можем переписать уравнение 4 как

$$E_i = \mathbf{H}^+ D_i \mathbf{H}. \quad (5)$$

где знак “+” обозначает ковариантно-сопряженное транспонирование комплексного вектора, а D_i это диагональная матрица размера $d \times d$,

диагональные элементы которой - квадраты элементов матрицы X_i , вычисленные следующим образом:

$$D_i(k, k) = |X_i(k)|^2. \quad (6)$$

Заметим, что диагональные элементы матрицы D_i описывают энергетический спектр $x_i(n)$. Поскольку спектральная плотность мощности случайного процесса определяется как модуль квадрата спектральной плотности реализации.

Построим МАСЕ фильтр с резким пиком корреляции, инвариантный к сдвигу, с улучшенной устойчивостью к искажениям, использующий малое количество учебных изображений. Для достижения хорошего обнаружения пиков также необходимо понизить уровень корреляционной функции во всех точках, кроме основания пика, где также должны быть заданы ограничения для корреляционного пика. Значения корреляционной функции должны быть заданы пользователем для основания пика, но могут свободно изменяться в других точках. Это эквивалент минимизации энергии корреляционной функции, удовлетворяющей ограничению интенсивности в основании.

В векторной записи ограничение корреляционного пика записывается следующим образом:

$$g_i(0) = X_i^+ \mathbf{H} = u_i \quad (7)$$

для всех $i=1,2,\dots,N$ изображений тренировочного набора, где u_i – величина, которая задается пользователем для i -й корреляционной функции, это так же i -й элемент управляющего вектора \mathbf{u} . В уравнении (7) $g_i(0)$ это величина выхода корреляционного пика. Этот фильтр также должен минимизировать энергию корреляционной поверхности

$$E_i = \mathbf{H}^+ D_i \mathbf{H} \quad (8)$$

для всех i . Ранее мы определяли матрицу X , колонки которой - это вектора X_i . В матрично-векторной интерпретации проблема нахождения в частотной области вектора \mathbf{H} , который минимизирует $\mathbf{H}^+ D_i \mathbf{H}$ для всех i ,

удовлетворяющих ограничению пика в уравнении (7), которое запишется для всех изображений как

$$X^+ \mathbf{H} = \mathbf{u}. \quad (9)$$

Решения этой проблемы не существует, поскольку одновременное ограничение минимизации всех E_i ($i=1,2,..N$) невозможно. Тем не менее, мы попытаемся минимизировать среднюю величину E_i (усредненная корреляционная энергия) в уравнении (7), пока не встретим линейное ограничение в уравнении (9). Следовательно, мы предполагаем фильтр как минимум средней энергии корреляции.

Усредненная энергия корреляционной поверхности равна:

$$E_{av} = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N E_i = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N \mathbf{H}^+ D_i \mathbf{H} = \left(\frac{1}{N}\right) \mathbf{H}^+ \left(\sum_{i=1}^N D_i\right) \mathbf{H}. \quad (10)$$

Мы определяем D как

$$D = \sum_{i=1}^N \alpha_i D_i, \quad (11)$$

где α_i – константы. Если принять $\alpha_i=1$ то уравнение (10) можно переписать

$$E_{av} = \left(\frac{1}{N}\right) \mathbf{H}^+ D \mathbf{H} \quad \alpha_i = 1, i = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

Так для всех $\alpha_i=1$, каждая корреляционная поверхность равновесна, диагональная матрица D – это сумма диагональных матриц D_i , и усредненная энергия корреляционных поверхностей рассчитывается с помощью уравнения 12. Т.к. масштабирование не влияет на минимум, мы должны минимизировать $\mathbf{H}^+ D \mathbf{H}$ до линейного ограничения $X^+ \mathbf{H} = \mathbf{u}$.

Решение этой проблемы может быть найдено с помощью метода множителей Лагранжа. Это метод решения возможен для фильтра в частотной области. Получаем:

$$\mathbf{H} = D^{-1} X (X^+ D^{-1} X)^{-1} \mathbf{u} \quad (13)$$

На рисунке 4 представлен алгоритм построения и применения MACE фильтра на базе MNIST [5].



Рисунок 2.4. Общий алгоритм работы MACE фильтра

Обучение фильтров производится по формуле (13). Прежде чем производить непосредственно обучения фильтра, необходимо подготовить компоненты, указанные в формуле (13). Таким образом, необходима матрица X , которая является набором одномерных последовательностей, полученных из изображений тренировочного набора после дискретного преобразования Фурье. Все изображения из базы MNIST имеют одинаковый размер 28×28 пикселей, таким образом, при построении одномерной последовательности получается вектор длины 784 элемента. Если обучение фильтра происходит на N изображениях из тренировочного набора, то размерность матрицы X получается $784 \times N$. Далее необходимо получить диагональную матрицу D , которая получается из X_i , т.к. длина одномерной последовательности X_i равна 784, то размерность матрицы D в этом случае получается 784×784 . Так как при обучении фильтра используется управляющий вектор, удобно создавать 10 фильтров, по одному на каждый номинал цифр. Таким образом, создается 10 векторов u с положительными и отрицательными ответами на цифры из тренировочного набора, соответствующих каждому из 10 номиналов [18].

Длина вектора \mathbf{u} равна количеству изображений, на которых производится обучение фильтра, в данном случае длина \mathbf{u} равна N .

$$[H] = [784 \times 784][784 \times N]([N \times 784][784 \times 784][784 \times N])^{-1}[N \times 1]$$

$$[H] = [784 \times N]([N \times N])^{-1}[N \times 1] \quad (14)$$

$$[H] = [784 \times 1]$$

Расчет размерностей формулы для H показывает, что все размерности сходятся. После применения формулы для H получается вектор-столбец, который необходимо преобразовать в матрицу размера 28×28 . Таким образом получается набор из 10 фильтров, каждый из которых обучен распознавать определенный номинала цифр. На рисунке 2.5 представлен алгоритм применения фильтра МАСЕ. Берется изображение, которое необходимо распознать, переводится в частотное пространство, где происходит свертка изображения и фильтра. Далее результат подвергается обратному Фурье-преобразованию. После этого наступает этап принятия решения, какой номинал представлен на изображении.

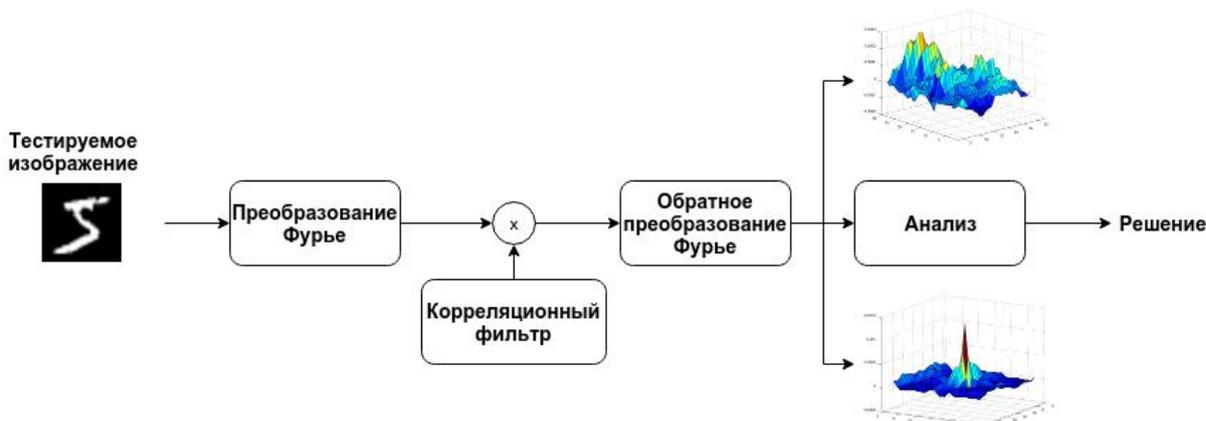


Рисунок 2.5. Алгоритм применения МАСЕ фильтра.

Свёртка последовательностей — это результат перемножения элементов двух заданных числовых последовательностей таким образом, что члены одной последовательности берутся с возрастанием индексов, а члены другой — с убыванием. Свёртка последовательностей — это частный случай свёртки функций. Свёртка является линейным преобразованием входящих в неё последовательностей. Свёртку двух заданных последовательностей можно получить, если, сначала, использовать для каждой

последовательности дискретное преобразование Фурье, затем перемножить результаты преобразования и произвести обратное дискретное преобразование Фурье. Это важное свойство находит своё широкое применение в цифровой обработке сигналов. Таким образом для процесса распознавания изображения берется тестовое изображение, преобразовывается в частотную область, а затем происходит операция свертки с каждым из 10 фильтров H , которые были преобразованы в частотную область на этапе обучения. Полученный результат подвергается обратному Фурье-преобразованию. В результате получается 10 откликов на одно тестовое изображение. Далее из полученных откликов необходимо выбрать наиболее подходящий.

КФ разработаны таким образом, чтобы производить резкие пики в месте расположения объекта, а сходство с целью определяется с точки зрения пиковой резкости, т.е. относительной высоты пикового значения по сравнению с величинами окружающими пик. Сделать это можно воспользовавшись формулой для нахождения PSR [ссылка]:

$$PSR = \frac{peak - \mu}{\sigma} \quad (15)$$

где $peak$ - это значение корреляционного пика, μ - это среднее значение, взятое в регионе вокруг корреляционного пика, исключая значение в самом пике, σ - это дисперсия, вычисленная в том же регионе, что и среднее значение.

Таким образом, получаем 10 значений PSR, из них необходимо выбрать максимальное, фильтр, от которого получилось данное значение, будем считать фильтром распознавшим цифру. Алгоритм создания фильтра можно посмотреть в приложении А.

2.2.2. Создание MACE фильтра на основе изображений из базы FERET

Создание КФ на основе базы FERET имеет некоторые отличия от создания на базе рукописных цифр. В частности, когда происходило создание фильтра на основе базы MNIST, создавалось 10 фильтров, по

фильтру под каждый номинал. Для распознавания зрачка необходим только один фильтр, который, при свертке с изображением будет отвечать на вопрос «зрачок – не зрачок». Алгоритм создания и работы КФ MACE на базе лиц FERET работает, как показано в приложении А.

2.3. ASEF фильтр

ASEF как и MACE относится к классу корреляционных фильтров, но главным отличием таких фильтров является то, что результирующий фильтр усредняется, что должно делать его более устойчивым к искажениям.

2.3.1. Создание ASEF фильтра

Для построения MACE фильтра на базе изображений MNIST необходимо было использовать тренировочный набор, состоящий из цифр и управляющий вектор, в котором содержалась информация, как реагировать на то или иное изображение. При построении ASEF фильтра необходимо использовать тренировочный набор рукописных цифр, но вместо управляющего вектора используется изображение с вручную выставленным откликом.

$$g(x, y) = (f \otimes h)(x, y) = F^{-1}(F(\omega, \nu)H(\omega, \nu)). \quad (16)$$

Связь представленная в формуле (16), является основой для поиска синтетических точных фильтров, где f – изображение, которое необходимо распознать, h – фильтр, g – корреляционный выход. Данные величины записаны в пространственной области. Ассоциированные с ними величины в частотной области F , G , H , указывают на их соответствующие двумерное преобразование Фурье. Для точного фильтра необходимо вычислить выражение с комплексно-сопряженной матрицей H .

$$G(\omega, \nu) = F(\omega, \nu)H^+(\omega, \nu). \quad (17)$$

Таким образом для точного фильтра необходимо решить:

$$H_i^+(\omega, \nu) = \frac{G_i(\omega, \nu)}{F_i(\omega, \nu)}, \quad (18)$$

где деление – это поэлементное деление между преобразованным целевым выходом G_i и преобразованным подготовленным изображением F_i .

Чтобы изготовить фильтр, который обобщен по всей обучающей выборке, необходимо вычислить среднее из нескольких точных фильтров. Таким образом, усреднение подчеркивает особенности единые для всех обучающих примеров при одновременном подавлении уникальных особенностей каждого учебного экземпляра.

$$H_{\mu}^*(\omega, \nu) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^*(\omega, \nu). \quad (18)$$

На стадии тренировки фильтра отклик g_i определяется как двумерный Гауссиан с координатами (x_i, y_i) и радиусом σ :

$$g_i(x, y) = e^{-\frac{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}{\sigma^2}} \quad (19)$$

изменяя σ можно управлять формой отклика, что позволяет сделать фильтр более устойчивым к шумам на изображении, теряя в остроте корреляционного пика. Гауссиан используется для того, чтобы получить корреляционный отклик заданной формы, т.е. с большим корреляционным откликом в месте совпадения и с малыми значениями в остальной области.

Блок-схему создания фильтра можно увидеть в Приложении А.

2.4.1 Листинг функций

Корреляционные фильтры для ВКР были созданы в системе GNU Octave на языке программирования Octave. Для удобства работы также были созданы отдельные функции.

2.4.1.1 eyeExtractor, eyeSupressor

Данные функции осуществляют обучение КФ на базе FERET. Функция eyeExtractor получает на вход изображение лица, координаты зрачков и размер квадрата для выреза. На выходе функция отдает вырезанные зрачки.

Так как при нарезке изображения на более мелкие для последующей тренировки фильтров в набор “не зрачок” мог попасть зрачок, целесообразно,

перед тем как нарезать большое изображение на более мелкие, удалить из него глаза, чтобы они не попали в тренировочную выборку “не зрачки”. Для этого была создана функция `eyeSupressor`. На вход функция принимает изображение, координаты глаз, размер квадрата для выреза. Код функций предоставлен в Приложении Ж.

2.4.1.2 myImRead

Так как база FERET содержит различные изображения лица: цветные и черно-белые, для единообразия удобно все изображения сделать одинаковыми. Для этого была создана функция `myImRead`, которая все изображения переводит в градации серого. Код функции предоставлен в Приложении Ж.

2.4.1.3 buildTrainingData

Функция `buildTrainingData` на входе получает изображение лица, координаты зрачков, размер квадрата для нарезки и ключ, позволяющий тренировать фильтр только на положительных примерах (зрачках) или на положительных и отрицательных примерах (зрачках и остальных частях нарезанного изображения). На выходе функция отдает матрицу X и управляющий вектор. Так же в функции реализована возможность замены всех частей нарезанного изображения на белые, черные или серые квадраты. Листинг функции в Приложении Ж.

2.4.1.4 getPsr

Функция `getPsr` была создана для расчета величины отношения корреляционного пика к окружающей его поверхности (*peak to sidelobe ratio*). На входе функция получает значения корреляционного отклика, а предоставляет значение PSR. Листинг функции предоставлен в приложении Ж.

2.4.1.5 buildFilter

Функция занимается построением фильтра ASEF на базе FERET. На вход функция принимает изображения из тренировочного набора, адрес до расположения архива фотографий, размер квадрата для вырезки зрачка, значение сигма. На выходе функция выдает усредненный КФ. Листинг функции в Приложении Ж.

2.4.1.6 createOctaveData

В базе FERET каждой фотографии прилагается *.xml файл в котором записаны координаты глаз, носа, рта, наличие очков, усов, бороды и другого. Но на некоторых фотографиях люди сфотографированы в профиль или под определенным углом относительно камеры. В сопроводительном файле к таким фотографиям не указываются координаты глаз. Соответственно, для построения фильтра необходимо создать тренировочную выборку, включающую только те фотографии, на которых человек смотрит в камеру и имеются координаты его глаз. Для этого была создана функция, написанная на Python – createOctaveData, которая выбирает из директории с фотографиями и сопровождающими xml-файлами только те, где есть координаты глаз. Листинг функции в Приложении Ж.

3. Результаты исследования

Так как созданные фильтры по своей сути являются классификаторами, то результаты работы фильтров удобно оценивать как работу классификаторов, выявляя точность и полноту алгоритма.

3.1. Численная оценка качества алгоритма

3.1.1. Точность

В простейшем случае, метрикой, по которой можно оценить точность алгоритма, может быть доля объектов (в нашем случае, цифр и зрачков) по которым классификатор принял правильное решение.

$$A_{\text{accuracy}} = P/N \quad (3.1)$$

где, P – количество объектов, по которым классификатор принял правильное решение, а N - размер обучающей выборки.

Однако, у этой метрики есть особенность, которую необходимо учитывать. Она присваивает всем документам одинаковый вес, что может быть некорректно в случае, если распределение смещено в сторону какого-либо из классов. В нашем случае в классификаторе содержится больше информации, из которой можно определить точность для каждого конкретного класса классификатора.

3.1.2. Точность и полнота

Точность (precision) и полнота (recall) являются метриками, которые используются при оценке большей части алгоритмов извлечения информации. Данные метрики также используются для определения производных метрик, таких как F -мера.

Точность системы в пределах класса – это доля документов, действительно принадлежащих данному классу относительно всех документов, которые система отнесла к этому классу.

Полнота системы – это доля найденных классификатором документов, принадлежащих классу, относительно всех документов этого класса в тестовой выборке.

Эти значения рассчитываются на основании таблицы контингентности, которая составляется для каждого класса отдельно.

Таблица 3.1. Таблица контингентности

		Экспертная оценка	
		Положительная	Отрицательная
Категория i			
Оценка системы	Положительная	TP	FP
	Отрицательная	FN	TN

В таблице содержится информация: сколько раз система приняла верное и сколько раз неверное решение по документам заданного класса. А именно: TP - истинно-положительное решение; TN - истинно-отрицательное решение; FP - ложно-положительное решение; FN - ложно-отрицательное решение.

Тогда, точность и полнота определяются следующим образом:

$$P_{precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3.2)$$

$$R_{recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.3)$$

В нашем случае значения точности и полноты удобнее рассчитать с использованием матрицы неточностей (confusion matrix). В случае если количество классов относительно невелико, этот подход позволяет довольно наглядно представить результаты работы классификатора.

В таблице Б.1. приложения Б представлена матрица неточностей для КФ ASEF, созданного на базе рукописных цифр базы MNIST. Тестовая выборка состоит из 10 тысяч элементов. Фильтр для данного теста натренирован на выборке из двух тысяч элементов. В последнем столбце содержатся истинные значения количества цифр по каждому элементу. В

последнем ряду таблицы показаны значения распознанных классификатором цифр по каждому номиналу.

Как видно из таблицы Б.1. классификатор определяет правильно большую часть документов. Тем не менее в рамках некоторых классов (2, 5, 8, 9) классификатор показывает низкую точность.

Используя матрицу неточностей рассчитаем полноту и точность для каждого класса. Точность равняется отношению соответствующего диагонального элемента матрицы и суммы всей строки класса. Полнота - отношению диагонального элемента матрицы и суммы всего столбца класса.

$$Precision_c = \frac{A_{c,c}}{\sum_{i=1}^n A_{c,i}} \quad (3.4)$$

$$Recall_c = \frac{A_{c,c}}{\sum_{i=1}^n A_{i,c}} \quad (3.5)$$

Результирующая точность классификатора рассчитывается как среднеарифметическое его точности по всем классам. То же самое с полнотой.

F-мера

Чем выше точность и полнота тем лучше. Метрика, которая объединяет в себе информацию о точности и полноте алгоритма называется F-мера. F-мера представляет собой гармоническое среднее между точностью и полнотой. Она стремится к нулю, если точность и полнота стремятся к нулю.

$$F = 2 \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (3.6)$$

Данная формула придает одинаковый вес точности и полноте, поэтому F-мера будет падать одинаково при уменьшении точности и полноты.

Результирующие данные для КФ ASEF на базе FERET, MACE на базе MNIST и MACE на базе FERET можно посмотреть в приложениях Г, В и Д соответственно. Как видно из матрицы неточностей для фильтра ASEF для базы MNIST средняя точность распознавания составляет 47%, хотя если смотреть по каждому классу отдельно, то можно заметить что процент

распознавания лежит в интервале от 18% для номинала “2” до 85% для номинала “1”. Большая часть классов распознается с вероятностью больше 54%. Для фильтра MACE на базе MNIST средний процент распознавания составляет всего 18%, что значительно хуже работы фильтра ASEF для той же базы. Смещение в сторону определенных номиналов связано с тем, что визуально цифры из этих классов очень похожи, так же задача осложняется тем, что классификатору приходится работать не с двумя классами “зрочок-не зрочок”, а с 10 классами, соответствующим номиналам цифр.

Задача распознавания зрочков должна быть для КФ проще, т.к. сортировка будет происходить всего по двум классам: зрочок, не зрочок. Действительно, если посмотреть приложения Г и Д, то средний процент распознавания для КФ ASEF составляет 76%, а если смотреть по каждому классу в отдельности то процент распознавания зрочка составляет 90%. Для КФ MACE на той же базе средний процент распознавания составляет 65%, что хуже чем у фильтра ASEF. Процент распознавания в классе “зрочок” составляет 79%, что так же ниже чем для аналогичного класса у ASEF фильтра. В целом ASEF фильтр лучше справляется с задачами распознавания рукописных цифр и зрочков, как и было заявлено в главе 1 при рассмотрении различных видов корреляционных фильтров.

4. Социальная ответственность

В ходе выполнения данной ВКР была изучена область компьютерного зрения, а конкретней раздел корреляционных фильтров которые относятся к обширному классу методов сравнения с шаблоном. Также были созданы два корреляционных инвариантных фильтра (ASEF и MACE фильтры), на базе рукописных цифр MNIST, для распознавания рукописных цифр, а так же на базе человеческих лиц для поиска зрачков. Данные работы выполнялись на месте проведения практики на персональном компьютере. Работа за компьютером связана с определенным воздействием на человека данной техники, а также среды в которой выполняются работы. В ходе такой работы человек подвергается физическим, психологическим нагрузкам, а так же воздействию окружающей среды. Таким образом можно выяснить насколько условия проведения работ соответствовали нормам СанПиН.

Рассмотрим СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», как соответствующий виду выполненных работ, т.к. требования санитарных правил направлены на предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ.

СанПиН регламентирующий работу с ПЭВМ содержит пункты описывающие:

- Требования к ПЭВМ
- Требования к помещениям для работы с ПЭВМ
- Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ
- Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ
- Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

- Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ
- Требования к визуальным параметрам ВДТ, контролируемым на рабочих местах
- Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей

4.1 Требования предъявляемые к ПЭВМ

Согласно СанПиН уровень звукового давления от ПЭВМ не должен превышать значений представленных в таблице 1.

Таблица 1. Уровни звукового давления

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	50
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	

ПЭВМ на котором производились все работы и вычисления является современным портативным персональным компьютером, в котором из движущихся частей только диски в запоминающем устройстве и вентилятор системы охлаждения, срабатывающей лишь при большой нагрузке на процессор устройства и даже при этом работающей на пороге слышимости.

Таблица 2. Допустимые уровни ЭМП

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл

Электростатический потенциал экрана видео монитора	500 В
--	-------

Монитор ПЭВМ на которой производилась вся работа является жидкокристаллическим монитором с технологией подсветки экрана основанной на светодиодах, поэтому влияние ЭМП и мягкого рентгеновского излучения так же можно не рассматривать.

Таблица 3. Допустимые визуальные параметры устройств отображения

№	Параметры	Допустимые значения
1	Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
2	Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\pm 20\%$
3	Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3 : 1
4	Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться
5	Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренные изменения положения фрагментов изображения на экране)	Не более $2 \times 10^{-4}L$, где L - проектное расстояние наблюдения, мм

Любой современный жидкокристаллический монитор персонального компьютера имеет широкий диапазон настроек, предназначенных для регулирования работы монитора подходящего конкретному человеку. Таким образом можно сделать вывод, что конструкция ПЭВМ на котором выполнялась ВКР удовлетворяет требованиям заявленным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

4.2 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

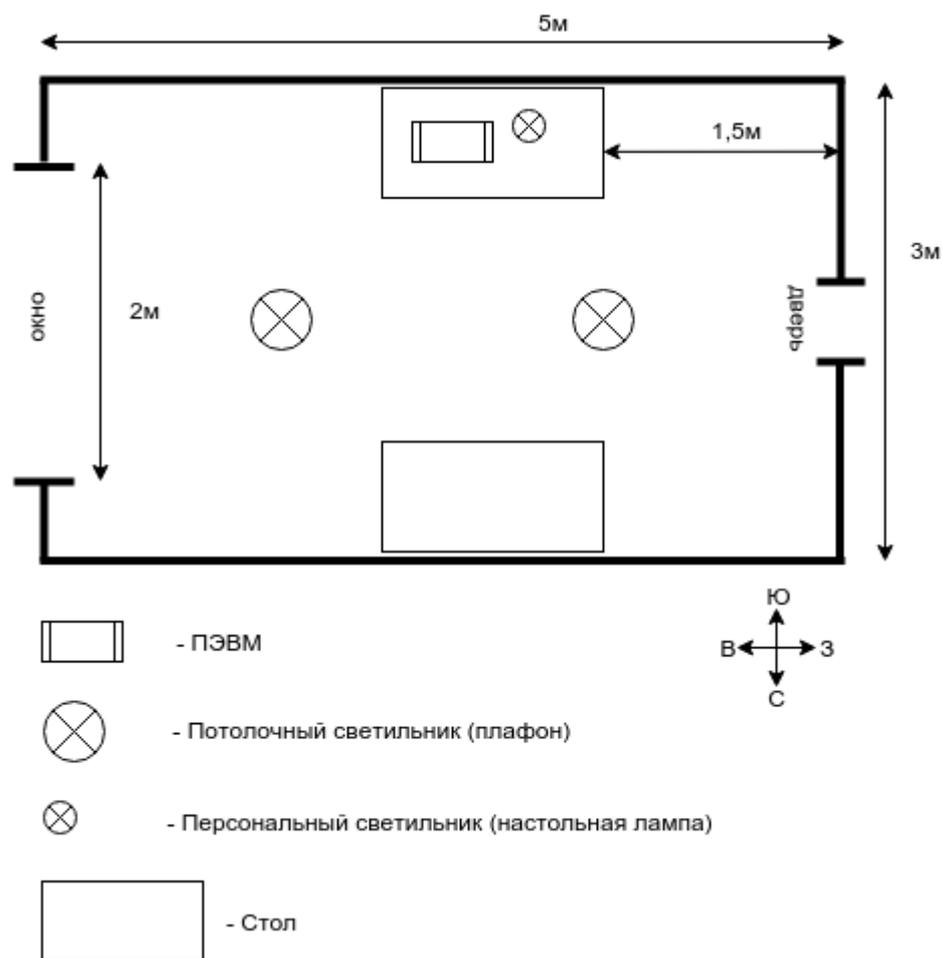


Рисунок 1. Схема рабочего кабинета в котором выполнялась ВКР

На момент выполнения ВКР в помещении работало 2 человека. Кроме светильников и ПЭВМ другая электроника в помещении отсутствовала. Площадь помещения, в котором выполнялась работа 15 м^2 , объем $37,5\text{ м}^3$, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при работе за ПЭВМ с жидкокристаллическим экраном на одного работника необходима площадь не менее $4,5\text{ м}^2$, объем не менее 15 м^3 , что удовлетворяет нормам. Силовые кабели, высоковольтные трансформаторы и технологическое оборудование, способные помешать работе ПЭВМ в помещении отсутствовали. Заземление в помещении отсутствует, но работа выполнена с применением портативных

ПЭВМ, работающих от батареи, следовательно необходимость в заземлении отсутствует.

4.3 Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Микроклимат — климатические условия, созданные в ограниченном пространстве искусственно или обусловленные природными особенностями. Микроклимат закрытых помещений создается искусственно для того, чтобы обеспечить наиболее благоприятные условия для людей и предохранить их от неблагоприятных климатических воздействий. С этой целью с учетом климатических условий местности рассчитывают теплопотери помещения и производят расчет отопления и вентиляции. Большое значение имеют теплозащитные свойства внешних ограждений помещений: вне зависимости от условий погоды при обычном расходе топлива температура, влажность и скорость движения воздуха должны поддерживаться на определенном уровне. Колебания температуры в течение суток не должны превышать 2—3° при центральном отоплении и 4—6° при печном. Температура воздуха в помещениях должна быть равномерной: колебания ее в горизонтальном направлении не должны превышать 2—3°, а в вертикальном 1° на каждый метр высоты помещения. Внешние ограждения помещения должны иметь достаточное сопротивление теплопередаче с тем, чтобы разность температур их внутренних поверхностей и воздуха помещений не превышала допустимой величины.

При увеличении этой разности возрастают потери тепла организмом человека, возникает ощущение зябкости и возможны простудные заболевания. Возможна также конденсация паров воды на охлажденных поверхностях, что является причиной сырости. Допустимые величины разности температур воздуха помещений и внутренней поверхности ограждений зависят от влажности воздуха и нормируются для помещений

различного назначения. Так, для наружных стен жилых зданий эта разность не должна превышать 3°, для производственных помещений 8— 12°, для чердачных перекрытий жилых зданий — 4,5°, общественных зданий — 5,5°.

Микроклимат производственных помещений определяется назначением помещения и характером технологического процесса. Для нормализации условий труда проводится ряд мероприятий: отопление и вентиляция производственных помещений, механизация производственного процесса, теплоизоляция нагретых поверхностей, защита рабочих от источников излучения и т. д.

4.4 Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПЭВМ

Таблица 4. Оптимальные параметры микроклимата

Температура, °С	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м ³	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	< 0,1
20	58	10	< 0,1
21	55	10	< 0,1

В помещении в качестве обогревательных элементов были использованы радиаторы отопления, для проветривания использовались окна. Ток воздуха в помещении обеспечивается конвективными потоками от радиаторов, а так же разницей температур внутри и снаружи помещения. Таким образом в рабочем помещении обеспечивались оптимальные условия для работы, в установке какого-либо дополнительного оборудования, такого как кондиционер, нет необходимости.

4.5 Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Шум — это негармонические упругие колебания, в звуковом диапазоне, материальных частиц и тел, передаваемых жидкой, твердой и газообразной средой, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху.

Промышленный шум (Производственный шум) — это совокупность различных шумов, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм. Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Шум воспринимается весьма субъективно. При этом имеет значение конкретная ситуация, состояние здоровья, настроение, окружающая обстановка.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна. В шумном фоне ухудшается общение людей, в результате чего иногда возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям.

Длительное воздействие шума, уровень которого превышает допустимые значения, может привести к заболеванию человека шумовой болезнью — нейросенсорная тугоухость. На основании всего выше

сказанного шум следует считать причиной потери слуха, некоторых нервных заболеваний, снижения продуктивности в работе и некоторых случаях потери жизни [2].

Тема ВКР связана с интеллектуальным трудом, что не предполагает работу в помещениях с производственным оборудованием, следовательно шумы и колебания производственного характера отсутствовали.

4.6 Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Освещение исключительно важно для человека. С помощью зрения человек получает большую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Свет — это ключевой элемент способности человека видеть, оценивать форму, цвет и перспективу окружающих предметов. Освещение влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Исследователями накоплено значительное количество данных по биологическому действию видимого света на организм. Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует через нервную оптико-вегетативную систему на эндокринную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Сравнительная оценка естественного и искусственного освещения по его влиянию на работоспособность показывает преимущество естественного света. Ведущим фактором, определяющим биологическую неадекватность естественного и искусственного света, является разница в спектральном составе излучения, а также динамичность естественного света в течение дня. Уровни освещённости при этом должны составлять 1000-1500 лк и могут быть обеспечены дневным светом, если он имеется, или электрическим

светом от общего или локализованного освещения, например настольных ламп или комбинацией дневного и естественного света.

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причиной во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркости, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пуско-регулирующих аппаратов для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны. Много несчастных случаев происходит, помимо всего из-за неудовлетворительного освещения или из-за ошибок, сделанных рабочим, по причине трудности распознавания того или иного предмета или осознания степени риска, связанного с обслуживанием транспортных средств, станков и т. п. Освещение создаёт нормальные условия для трудовой деятельности. Неудовлетворительная освещенность на рабочем месте или на рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

Для того чтобы обеспечить условия, необходимые для зрительного комфорта, в системе освещения должны быть реализованы следующие предварительные требования:

- достаточное и равномерное освещение;
- оптимальная яркость;
- отсутствие бликов и ослепленности;
- соответствующий контраст;
- правильная цветовая гамма;
- отсутствие стробоскопического эффекта или пульсации света.

Таблица 5. Нормы искусственного освещения

Помещение	Минимальная освещенность рабочей поверхности (Е), лк	Коэффициент пульсации освещенности (Кп), %, не более
Кабинеты, офисы	300	15
Помещения для работы с дисплеями ПЭВМ	300-500	5
Лаборатории	400	10
Классные комнаты	300	10
Торговые залы супермаркетов	500	10
Обеденные залы	200	20

В помещении используются люминесцентные лампы общего освещения, создающие равномерное освещение, так же используются индивидуальные осветительные приборы - настольные лампы, так же с люминесцентной лампой. Путем настроек положения лампы и угла освещения можно добиться оптимальной освещенности в 230-300 лк.

4.7 Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей

Согласно рекомендациям рассматриваемого СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм. Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину

800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углов наклона вперед до 15° и назад до 5° ;
- высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $\pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

Стол за которым производилось большинство работ полностью соответствует рекомендациям СанПиН, так как имеет габариты: ширина - 1200 мм, глубина 720 мм, высота 720 мм. Рабочий стул не имеет никаких регулировок, но имеет спинку и мягкую поверхность сиденья, что позволяет менять позы во время работы, что предупреждает преждевременное переутомление.

Работа по созданию и анализу корреляционных инвариантных фильтров в задачах распознавания объектов на изображениях относится к широкому классу задач сравнение с шаблоном, которая, в свою очередь относится к области компьютерного зрения. Компьютерное зрение это сравнительно молодая область науки, которая начала развиваться с 70-х

годов прошлого века, но особо сильный толчок данная область получила в последние годы вместе с бурным развитием техники способной переводить аналоговое изображение в цифровое. Основные задачи, которые решаются в области компьютерного зрения это поиск, отслеживание и классификация объектов на изображении. Каждую из представленных задач можно разбить на ряд более мелких и конкретных задач. Поиск какого-либо объекта это классическая задача сравнения с шаблоном, когда системе дается какой-либо объект или ряд объектов или свойства и система ищет их в предоставляемых ей изображениях. Это могут быть рентгеновские снимки. Системе можно передавать рентгеновский снимок для предварительного анализа, снимок будет обработан, после чего выдано направление к конкретному специалисту для дальнейшего анализа и лечения. Это могут быть силуэты людей и животных если речь идет об охранных системах. Силуэты людей или изображения людей могут использоваться не только для охраны объектов и территорий. Система может запоминать человека зашедшего в магазин, запоминать маршрут по которому он проходил в магазине, запоминать какие продукты он купил и, допустим, выдавать ему информацию о готовящихся скидках и акциях, так же можно собирать информацию с камер слежения в магазине чтобы собирать статистические данные, к каким полкам и товарам люди подходят чаще, какими маршрутами передвигаются в магазинах и на основе полученных данных менять расположение товаров для того чтобы повысить прибыли магазина. Данная задача стоит на стыке поиска и отслеживания. В сфере охраны компьютерное зрение имеет широчайший кластер задач: поиск определенного человека в толпе, распознавание различных моделей поведения людей и многое другое. Так же в последнее время бурно развивается робототехника, управление автомобилем без водителя. Для всех этих задач необходимо считывать окружающую обстановку и выдавать решения для управляющего воздействия. Это прямая задача компьютерного зрения. Уже сегодня многие задачи компьютерного зрения воплощены в жизнь. Раньше человеку приходилось курсировать по

улицам и выписывать штрафные квитанции автомобилям припаркованным в неположенных местах. Сейчас же автомобили соответствующих служб оборудованные камерами подключенными к системам распознавания и связанными с интернетом и спутниковой сетью просто ездят по улицам и с помощью GPS систем сличают места, где парковаться запрещено и записывают, в автоматическом режиме, номера припаркованных автомобилей, распознают номера этих автомобилей (это и есть одна из задач компьютерного зрения) и передают их в базу для выписки штрафа.

Есть и более мирные задачи, допустим, оцифровка текстов, телефонных номеров, счетов, индексов и многого другого. Распознавание всегда происходит с определенной вероятностью, т.е. при оцифровке возможна ошибка. Поэтому кроме создания новых методов оцифровки необходимо совершенствовать уже имеющиеся механизмы. Для этого нужно сравнивать имеющиеся методы, чтобы выявить лучший, с точки зрения вероятности распознавания, потребления ресурсов, простоте создания.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Предпроектный анализ

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Корреляционное распознавание образов охватывает широкий спектр задач, в которых могут быть использованы корреляционные фильтры. Среди таких потребителей могут быть охранные, военные и гражданские предприятия, т.к. корреляционные фильтры можно использовать для распознавания значков, отпечатков пальцев, техники, символов, участков местности и др.

		Вид ИС		
		Считывание биометрии	Считывание символов	Распознавание образов
Тип предприятия	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования услуг по разработке ИС для различных организаций

- Бактериологическая лаборатория 
- Охранное предприятие 
- Почтовое отделение 

Вывод: планируется проводить внедрение в крупных и средних организациях, нуждающихся в автоматизации процессов. Перспективным вариантом станет создание приложения, способного на основе метода

корреляционного распознавания считывать колонии бактерий в чашке Петри с помощью камеры мобильного телефона.

5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

На рынке информационных систем, связанных с корреляционным распознаванием образов, трудно найти конкретного конкурента, проще ориентироваться на конкретные запросы заказчиков. Одним из таких заказов является информационная система, воплощенная в приложении для мобильного телефона способная по фотографии вести подсчет выросших колоний бактерий в чашке Петри. Подсчет таких колоний в ручную отнимает у ученых много времени, автоматический подсчет значительно упрощает задачу, а значит делает разрабатываемую ИС конкурентоспособной.

5.3 SWOT-анализ

Для комплексного анализа была составлена матрица SWOT, представленная в таблице 5.3.1

Таблица 5.3.1 – SWOT-матрица

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Малое количество техники для производства.</p> <p>С2. Легко вносить изменения</p> <p>С3. Инвариантны к сдвигу, масштабированию, повороту</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Точность распознавания</p> <p>Сл2. Необходима тренировка фильтра</p> <p>Сл3. Зашумленные изображения</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Расширение целевого рынка</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на продукт</p>	<p>Инвариантность фильтров к различным помехам таким как сдвиг, масштабирование и поворот, а также простота внесения изменений в код</p>	<p>Реализация возможности распознавания образов в видеопотоке позволит увеличить точность распознавания и свести к минимуму влияние шумов</p>

В3. Уменьшение потребляемых ресурсов при работе	фильтров позволит в дальнейшем ускорить их работу, что в свою очередь позволит обрабатывать видеопоток	на изображениях
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Патентные запреты У4. Несвоевременное финансирование	Угрозой проекта является закрытость рынка данных технологий, также можно столкнуться с патентными запретами на определенные фильтры в некоторых странах	Малый опыт разработчика, отсутствие финансирования и закрытость рынка данной технологии могут негативно повлиять на разработку данного продукта, что только усилит слабые стороны его разработки

В таблицах 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 4.3.5 представлены промежуточные матрицы, на основе которых была составлена матрица для SWOT-анализа.

Таблица 5.3.2 – Сильные стороны проекта/Возможности проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	-	-	+
	В2	0	0	-
	В3	+	0	0

Таблица 5.3.3 – Слабые стороны проекта/Возможности проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	+	-
	В2	+	0	-
	В3	-	-	+

Таблица 5.3.4 – Сильные стороны проекта/Угрозы

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	+	+	+
	У2	+	+	-
	У3	+	+	+
	У4	+	+	-

Таблица 5.3.5 – Слабые стороны проекта/Угрозы проекта

Сильные стороны проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	-	0	-
	У2	-	-	+
	У3	0	-	-
	У4	-	-	+

SWOT-анализ показал, что сильными сторонами проекта являются использование фильтров устойчивых к различного вида помехам, что закладывает определенный запас ресурсов для дальнейшего развития проекта, так же малое количество материальных ресурсов необходимых при производстве продукта могут сделать его конкурентоспособным. К слабым сторонам продукта можно отнести соотношение удачно распознанных символов к общему количеству, а так же то, что фильтры перед использованием необходимо тренировать, а значит необходимо создавать и подготавливать соответствующие базы, а затем адаптировать фильтры под работу с этими базами.

5.4 Коммерциализация ИС

5.4.1 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Ниже, в таблице 5.4.1 приведены оценки проработанности ИС с позиции коммерциализации и компетенции разработчика научной работы.

Таблица 5.4.1 – Оценка степени готовности ИС к коммерциализации

№	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно технический раздел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4	Определена товарная форма научно-	4	4

	технического задела для представления на рынок		
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	60	62

Результаты, полученные с помощью таблицы 5.4.1 показывают, что коммерциализация данного проекта перспективна, однако, необходимо восполнить пробелы в области авторского права и инфраструктуры поддержки проекта.

5.4.2 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Способ коммерциализации ИС - торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе, в качестве ИП без оформления юридического лица с УСН. Таким образом, будет достаточно одного сотрудника для реализации лицензий.

5.5 Инициация проекта

Таблица 5.5.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТПУ	Поднятие престижа университета за счет качества выполняемых работ и выпуска магистров
Кафедра ВТ	Выполнение плана по выпуску магистров и сдаче магистерских диссертаций
Научный руководитель	Написание публикаций, участие в конференциях сдача магистерской диссертации
Магистрант	Успешная защита магистерской диссертации, получение новых знаний.
Think·in Consumer Neuroscience	Создание базы для проведения научных исследований в области нейромаркетинга

Таблица 5.5.2 – Цель и результат проекта

Цель проекта:	Разработка инвариантных корреляционных фильтров и сравнительный анализ работы корреляционных фильтров на базах рукописных цифр и зрачков
Ожидаемые результаты проекта:	<ol style="list-style-type: none">1. Получение знаний по созданию, настройке и модификации корреляционных фильтров2. Защита магистерской диссертации

	3. Публикации научных статей
Критерии приемки результата проекта:	Наличие фильтров и сравнительный результат работы корреляционных фильтров на основе которых можно сделать выводы о выборе конкретного фильтра конкретной задаче
Требования к результату проекта:	Требование:
	1. Должны быть созданы инвариантные корреляционные фильтры ASEF и MACE
	2. Должен быть проведен анализ работы фильтров на базе рукописных цифр MNIST и базе зрачков
	Добавьте требования к итоговому товару (который будете лицензировать)

Таблица 5.5.3 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Хлопонин Илья Александрович, ТПУ, магистрант	Исполнитель по проекту	Разработка фильтров, сравнительный анализ	760
2	Болотова Юлия Александровна, ТПУ, доцент	Руководитель проекта	Координация разработки проекта	300
Итого:				1060

Таблица 5.5.4 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	177397,69

Источник финансирования	Самофинансирование
Сроки проекта	01.02.2016 - 10.06.2016

5.6 Планирование управлением научно-техническим проектом

Иерархическая структура работ (ИСР) - детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 5.6.1 представлена разработанная ИСР для задачи создания фильтров и анализа их работы.



Рисунок 5.6.1 - ИСР разрабатываемого проекта

Ключевые события проекта определены в таблице 5.6.1.

Таблица 5.6.1 – Контрольные события проекта

№	Название	Даты	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Изучение литературы по тематике	01.02.2016 - 06.02.2016	Набор теоретического материала необходимого для построения корреляционных фильтров
2	Теоретическое	08.02.2016 -	Концептуальная модель

	проектирования корреляционных фильтров	20.02.2016	корреляционного фильтра
3	Разработка корреляционных фильтров	22.02.2016 - 23.04.2016	Набор инвариантных корреляционных фильтров
4	Тестирование корреляционных фильтров	25.04.2016 - 07.05.2016	Предварительные результаты работы корреляционных фильтров
5	Настройка корреляционных фильтров	09.05.2016 - 21.05.2016	Набор корреляционных фильтров, работающих с максимальной эффективностью
6	Документирование	23.05.2016 - 01.06.2016	Документирование результатов работы корреляционных фильтров
7	Предпродажная подготовка	02.06.2016 - 04.06.2016	Подготовленный набор (диск, инструкция) для использования корреляционных фильтров

Используем опытно-статистический метод, реализуемый двумя способами: вероятностным и аналоговым.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод - метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (5.6.1)$$

где t_{min} - минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{max} - максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для выполнения представленных работ требуются: исполнитель, научный руководитель, для продажи потребуются лишь один сотрудник.

Рассчитаем длительность этапов в рабочих днях, затем переведем в календарные дни.

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{k_{вн}} * k_{д}, \quad (5.6.2)$$

где

$t_{ож}$ - трудоемкость работы, чел/дн;

$k_{вн}$ - коэффициент выполнения работ;

k_d - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($k_d = 1.2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} * T_k, (5.6.3)$$

где $T_{рд}$ - продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{кд}$ - продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_k - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_k = \frac{366}{366-119} = 1,48, (5.6.4)$$

где $T_{кал}$ - календарные дни ($T_{кал} = 366$);

$T_{вд}$ - выходные дни ($T_{вд} = 105$);

$T_{пд}$ - праздничные дни ($T_{пд} = 14$).

Таблица 5.6.1 – Временные показатели для построения диаграммы Ганта

Этап	Исполнитель	Продолжительность работ, дни						Длительность работ, чел/дн.			
		t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$		$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		НР	М	НР	М	НР	М	НР	М	НР	М
1.	М	-	3	-	6	-	4,2	-	5,04	-	7,46
2.	М, НР	3	4	5	13	3,8	7,6	4,56	9,12	6,75	13,5
3.	М, НР	2	16	7	61	4	34	4,8	40,8	7,1	60,38
4.	М	-	4	-	12	-	7,2	-	8,64	-	12,79
5.	М, НР	1	7	3	12	1,8	9	2,16	10,8	3,2	15,98
6.	М	-	7	-	9	-	7,8	-	9,36	-	13,85
7.	М	-	1	-	3	-	1,8	-	2,16	-	3,2
Итого		6	42	15	116	9,6	71,6	11,52	85,92	17,05	127,16

На основе данных из таблицы 5.6.1 был сформирован календарный план проведения работ. Результаты представлены в таблице 5.6.2.

Таблица 5.6.2 – Календарный план график

№	Т _{кд} НР	Т _{кд} М	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	-	7,46														
2	6,75	13,5	■													
3	7,1	60,38		■												
4	-	12,79			■	■	■	■	■	■	■					
5	3,2	15,98								■	■					
6	-	13,85										■	■			
7	-	3,2												■	■	■

На календарном графике работе научного руководителя соответствует серый прямоугольник, магистранта – черный.

Из таблицы видно, что больше всего времени уходит на проектирование и отладку корреляционных фильтров.

5.7 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета проекта важно достоверно отразить все виды расходов связанных с выполнением проекта. Основные статьи расходов:

- Материальные затраты НИИ
- Затраты на литературу
- Заработная плата исполнителей проекта
- Отчисления во внебюджетные фонды
- Прочие расходы

Таблица 5.7.1 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб
Персональный компьютер	1	51000
Литература	1	10000
Итого	2	61000

5.7.1 Расчет заработной платы исполнителей проекта

Далее вычисляется заработная плата работника, для этого необходимо составить баланс рабочего времени.

Таблица 5.7.2 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Магистрант
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	56	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	191	191
Действительный годовой фонд рабочего времени, ч	1528	1528

В таблице 5.7.3 приведен базовый оклад научного руководителя и магистранта.

Таблица 5.7.3 – Базовый оклад

Руководитель	23264,86
Исполнитель	4200

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б * (k_{пр} + k_д) * k_p \quad (5.7.1.1)$$

где $З_б$ - базовый оклад, руб.

$k_{пр}$ - премиальный эффект, (определяется Положением об оплате труда);

$k_д$ - коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях - за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p - районный коэффициент, равный 1.3 (для Томска).

Таблица 5.7.4 – Месячный оклад

Научный руководитель	$23264,86 * 1,3 = 30244,32$
Магистрант	$4200 * 1,3 = 5460$

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * T_{раб}, \quad (5.7.1.2)$$

где $З_{осн}$ - основная заработная плата одного работника;

T_p - продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

$З_{дн}$ - среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м * M}{F_d}, \quad (5.7.1.3)$$

где $З_м$ - месячный должностной оклад работника, руб.;

M - количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M=11.2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дня $M=10.4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Среднедневная зарплата (Научный руководитель)=

$$(30244,32*10,4)/191=1646,8$$

Среднедневная зарплата (Магистрант)=(5460*10,4)/191=297,3

Таблица 5.7.5 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Месячный оклад, руб	Среднедневная заработная плата, руб/дн	Трудоемкость, раб.дн.	Основная заработная плата, руб
Научный руководитель	30244,32	1646,8	12	19761,6
Магистрант	5460	297,3	86	25567,8
Итого				45329,4

В таблице 5.7.6 приведен расчет дополнительной заработной платы для научного руководителя и магистранта, участвующих в научном проекте.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (5.7.1.4)$$

где $k_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.15).

Таблица 5.7.6 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	19761,6	0,15	2964,24
Магистрант	25567,8		3835,17
Итого			6799,41

5.7.2 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), (5.7.2.1)$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (30%).

В таблице 5.7.7 приведен расчет отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 5.7.7 – Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	к отчислений во внебюд фонды	Внебюджетные отчисления
Научный руководитель	19761,6	2964,24	0,3	6817,75
Магистрант	25567,8	3835,17		8820,89
Итого				15638,64

5.7.3 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые расходы, размножение материалов, арендная плата.

$$Z_{\text{накл}} = (\Sigma \text{статей} 1 - 4) * k_{\text{нр}}, (5.7.3.1)$$

где $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Необходимо сложить суммы по следующим статьям:

- Материальные затраты НИИ
- Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта

- Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта
- Отчисления во внебюджетные фонды.

Накладные расходы (Научный руководитель + Магистрант) = $(61000 + 45329,4 + 6799,41 + 15638,64) * 0,3 = 128767,45 * 0,3 = 38630,24$

Величина коэффициента накладных расходов составляет 30%.

В таблице 5.7.8 приведен расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект.

Таблица 5.7.8 – Расчет затрат на НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты НИИ	61000
Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	45329,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта	6799,41
Отчисления во внебюджетные фонды	15638,64
Накладные расходы	38630,24
Прочие затраты	10000
Бюджет затрат НИИ	177397,69

5.8 Организационная структура проекта

Таблица 5.8.1 – Выбор организационной структуры проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Низкая	Низкая
Технология проекта	Новая	Новая	Новая
Сложность проекта	Высокая	Низкая	Высокая
Взаимозависимость	Высокая	Низкая	Высокая

между отдельными частями проекта			
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Средняя	Низкая	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Низкая	Низкая	Низкая

Проектная организационная структура по разработке корреляционных фильтров приведена на рисунке 5.8.1.



Рисунок 5.8.1 – Организационная структура проекта

Проведена идентификация рисков. Представлена в таблице 5.8.2

Таблица 5.8.2 – Идентификация рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
1	Неверное понимание алгоритма работы фильтра	Неверная работа корреляционных фильтров	4	5	Высокий	Привлечение экспертов в области распознавания образов	Разработка без опоры на мнение экспертов
2	Обучающая выборка	Низкий процент верного	3	5	Высокий	Увеличение обучающей выборки	Подготовка недостаточной

	не охватывает весь возможный спектр вариантов	распознавания					обучающей выборки
3	Отсутствие обратной связи с заказчиком	Неверно разработанные фильтры	3	2	Низкий	Поддержка постоянной связи с заказчиком	Недоработка технического задания

5.9 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Для этого были рассчитаны следующие показатели: интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности, показатель эффективности вариантов исполнения разработки.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех и более вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.9.1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ - интегральный финансовый показатель разработки

Φ_{pi} - стоимость i-го варианта исполнения

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в том числе аналоги).

Для оценки финансовой эффективности разрабатываемой информационной системы взяты для сравнения проекта-аналога, Object Detection and Analysis (табл.5.9.1)

Таблица 5.9.1 – Проекты аналоги

Наименование проекта	Стоимость лицензии
ИС для распознавания рукописных цифр и зрачков	31000
ИС для распознавания и подсчета колоний растущих бактерий	37500

$$ИП(1) = 31000/37500 = 0,83.$$

$$ИП(2) = 37500/37500 = 1.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах, либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах. Самый низкий финансовый показатель у ИС для распознавания рукописных цифр и зрачков.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \Sigma a_i * b_i, (5.9.2)$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффетктивности для i-го варианта исполнения проекта.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и так далее.}$$

Сравнительная эффективность проекта (Θ_{cp}):

$$\bar{\mathcal{E}}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}, \quad (5.9.3)$$

Для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности была составлена таблица 5.9.2.

Таблица 5.9.2 – Сравнительная оценка характеристик аналогов ИС

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разрабатываемая ИС	ИС аналог
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	5
Надежность	0,05	4	4
Простота эксплуатации	0,1	5	5
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	5	5
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	4
Потребность в ресурсах памяти	0,01	3	3
Конкурентоспособность продукта	0,09	5	5
Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3
Цена	0,1	5	3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5
Финансирование научной разработки	0,1	3	4
Срок выхода на рынок	0,05	4	3

Итого	1	58	54
-------	---	----	----

$$I_{p-исп1} = 0,1*5 + 0,1*5 + 0,05*4 + 0,1*5 + 0,1*5 + 0,1*5 + 0,01*3 + 0,09*5 + 0,05*5 + 0,1*3 + 0,05*5 + 0,1*4 + 0,05*5 = 4,63$$

$$I_{p-исп1} = 0,1*5 + 0,1*5 + 0,05*4 + 0,1*3 + 0,1*3 + 0,1*4 + 0,01*3 + 0,09*4 + 0,05*5 + 0,1*5 + 0,05*5 + 0,1*5 + 0,05*5 = 4,34$$

$$ИПЭ(1) = 4,63/0,83 = 5,58; ИПЭ(2) = 4,34/1 = 4,34;$$

Результаты расчетов интегральных показателей приведены в таблице 5.9.3.

Таблица 5.9.3 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	ИС	ИС аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,83	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,63	4,34
3	Интегральный показатель эффективности	5,58	4,34
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,29	0,78

Из таблицы следует, что разрабатываемая ИС является более эффективным вариантом решения поставленной задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5.10 Оценка абсолютной эффективности проекта

Расчет уровня безубыточности в периоде t производится по формуле:

$$УБ(t) = \frac{C}{P}, (5.10.1)$$

где С- сумма всех постоянных и переменных затрат на разработку ИС, Р - цена за одну лицензию программы.

Стоимость одной лицензии программы 30000 рублей.

Сумма всех постоянных расходов, рассчитанная ранее, составляет 177397,69 рублей.

Таблица 5.10.1 – Расчет бюджета постоянных затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты НТИ	61000
Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	45329,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта	6799,41
Отчисления во внебюджетные фонды	15638,64
Накладные расходы	38630,24
Прочие затраты	10000
Бюджет затрат НТИ	177397,69

ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды = затраты по основной заработной плате исполнителей проекта + затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы + отчисления во внебюджетные фонды = 45329,4 + 6799,41 + 15638,64 = 67767,45

К переменным затратам следует отнести материалы для подготовки комплекта для покупателя:

- установочный диск
- комплект документов для покупателя
- сдельная оплата труда распространителю лицензий
- проведение вводного занятия с покупателями ПО
- прочие материалы

Стоимость переменных затрат за одну единицу приведена в таблице 5.10.2.

Таблица 5.10.2 – Переменные затраты

Наименование	Цена за 1шт.
Установочный диск	300

Комплект документов	500
Оплата труда распространителю за 1 проданную лицензию	1500
Проведение вводного занятия с покупателем	1000
Расходы на командировку распространителю	3000
Накладные расходы (аренда, услуги связи)	2000
Прочие материалы	500
Итого	8800

$УБ(t) = 177397,69 / (30000 - 8800) = 8,37 \sim 9$ лицензий.

Таким образом, для покрытия всех постоянных затрат на разработку проекта необходимо продать 9 лицензий программы.

Предполагается за 2 года окупить данный проект. В первый год планируется продать 3 лицензии, а за второй год реализовать оставшиеся 5 лицензий.

Выручка за 1 год (без НДС) = $4 * 31000 = 124000$.

Переменные издержки за первый год $8800 * 3 = 26400$.

Выручка за второй год $7 * 31000 = 217000$.

Переменные издержки за второй год $8800 * 5 = 44000$.

Для подсчета показателей NPV (ЧДД), PI (ИД), DPP (t), IRR (ВНД) вычислен план денежных потоков в таблице 5.10.3.

Таблица 5.10.3 – План денежных потоков

№	Показатель	Номер шага (периода) расчета t		
		0	1	2
Операционная деятельность				
1	Выручка без НДС	0	124000	217000
2	Полные текущие издержки, в том числе	0	-60700	-81100

	(сумма пунктов 3-8):			
3	ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0	1500*4=6000	1500*7=10500
4	Амортизационные отчисления А	0	-25500	-25500
5	Накладные расходы	0	2000*4=-8000	2000*7=-140000
6	Командировочные расходы	0	3000*4=-12000	3000*7=-21000
7	Прочие расходы (канцелярия и др.)	0	500*4=-2000	500*7=-3500
8	Затраты на подготовку лицензии (установочный диск, комплект документов, обучение пользователей)	0	1800*4=-7200	1800*7=-12600
9	Прибыль до налогообложения	0	63300	122900
10	Налог на прибыль (УСН: 15% с разницы выручки и затрат)	0	9495	19485
11	Чистая прибыль (Выручка - издержки - все налоги)	0	53805	110415
12	Денежный поток от производственной деятельности ДП (ОД) (п. 11 + п. 4)	0	79305	135915
Инвестиционная деятельность				
13	Поступление инвестиций	0	0	0
14	Капиталовложения, обслуживание инвестиций	-177397,69	0	0
15	Сальдо от инвестиционной деятельности (п.13 + п.14)	-177397,69	0	0
16	Сальдо суммарного потока (п.12 + п. 15)	-177397,69	75305	135915
17	Коэффициент дисконтирования при	1	0,909	0,826

	ставке дохода 10%			
18	Дисконтированное сальдо суммарного потока (п.16* п.17)	-177397,69	72088,245	112265,79
19	Накопленное дисконтированное сальдо	-177397,69	-105309,445	6956,345

Примечания:

ДП (ОД) = ЧП + |А|, где ЧП - чистая прибыль и А - расходы на амортизацию.

ЧП = (Выручка - З)*0,15, где В- выручка за период без НДС и З - сумма всех затрат (пункт 2 =п.3 + п.4 + п.5 + п.6 + п.7), 0.8 - налоги 15%.

Амортизация рассчитывается линейным способом.

$A_j = N_a * F_n$, где N_a -норма амортизации, A_j -сумма амортизации за j-ый год, F_n - первоначальная стоимость объекта. Срок полезного использования компьютера составляет 3 года. Срок использования программных продуктов составляет год (лицензия дается только на год, по истечению года необходимо снова покупать лицензию на использование программы).

$A(\text{компьютер}) = 51000/2 = 25500$.

$N_a = \frac{1}{T_{\text{пи}}}$, где $T_{\text{пи}}$ - срок полезного использования объекта

$K_d = \frac{1}{(1+E)^t}$, где K_d - коэффициент дисконтирования, E - ставка

дисконтирования, t- порядковый номер периода с начала реализации проекта.

Ставка дисконтирования E составляет 10% - средняя ставка на рынке депозитов.

Расчет показателей NPV, PI, DPP, IRR:

Формула 1. $NPV = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ЧПД}}{(1+r)^i} - I_0$, где i..n - количество лет окупаемости

проекта, ЧПД - денежный поток, i-текущий год окупаемости проекта, r - ставка дисконтирования, I_0 стоимость проекта (бюджет проекта или стоимость всех постоянных затрат).

Формула 2. $PI = \frac{NVP+I_0}{I_0}$

Формула 3. $DDP = j + \frac{C1}{C2}$, где j - период проекта, при котором накопленное дисконтированное сальдо было отрицательным, C1 - накопленное дисконтированное сальдо j-го года, C2 - дисконтированное сальдо суммарного потока (j+1) года.

Формула 4. $IRR = r_1 + \frac{NVP(r_1)}{NVP(r_1)-NVP(r_2)} (r_2 - r_1)$

- 1) NVP (ЧДД) = 6956,345. Так как $NVP > 0$, то инвестиции в проект эффективны.
- 2) $PI = \frac{6956,345+177397,69}{177397,69} = 1.039$. $PI > 1$ показывает, что вложение капитала является эффективным.
- 3) $DPP = 1+105309,445/112265,79 = 1,94$. Дисконтированный срок окупаемости инвестиций равен 1,94 (что меньше числа периодов =2).
- 4) IRR рассчитывается как значение ставки дисконтирования, при которой $NPV = 0$.

R	NPV
2%	27067,99
5%	17600.27
10%	3387.85
12%	-1810.47

$$\frac{75305}{(1 + 0.02)^1} + \frac{135915}{(1 + 0.02)^2} - 177397,69$$

$$= 73828.43 + 130637,25 - 177397,69 = 27067,99$$

$$\frac{75305}{(1 + 0.05)^1} + \frac{135915}{(1 + 0.05)^2} - 177397,69$$

$$= 71719.05 + 123278.91 - 177397.69 = 17600.27$$

$$\frac{75305}{(1 + 0.1)^1} + \frac{135915}{(1 + 0.1)^2} - 177397,69 = 68459.09 + 112326.45 - 177397.69$$

$$= 3387.85$$

$$\frac{75305}{(1 + 0.12)^1} + \frac{135915}{(1 + 0.12)^2} - 177397,69$$

$$= 67236.61 + 108350.61 - 177397.69 = -1810.47$$

$$IRR = 0.1 + \frac{3387.85}{3387.85 + 1810.47} * (0.12 - 0.1) = 0.1 + 0.65 * 0.02 = 0.11$$

IRR > 10%, поэтому эффективность вложений капитала в данный научный проект равна эффективности инвестирования под 11% в финансовый инструмент с аналогичным доходом.

В ходе работы над данным разделом ВКР был получен опыт по расчету рентабельности научной разработки, что в дальнейшем поможет организовать капитализацию научного проекта. Результат приведенных расчетов показывает положительный потенциал данного научного проекта в качестве коммерческого продукта способного конкурировать на рынке высоких технологий.

Заключение

В ходе работы над ВКР были созданы корреляционные фильтры ASEF и MACE для обработки баз MNIST и FERET. При обработке базы рукописных цифр MNIST КФ ASEF показал среднюю точность 47%, а КФ MACE – 18%, что значительно хуже, чем у ASEF фильтра и это соответствует теории изложенной в Главе 1 о том, что при тренировке ASEF фильтра, когда все точные фильтры усредняются, убирая индивидуальные особенности и оставляя общие признаки. Однако, трудность задачи обработки базы MNIST заключается в том, что КФ пришлось проводить классификацию по 10 разным классам, соответствующим номиналам цифр от «0» до «9». Если посмотреть точность распознавания КФ по каждому классу, то видно, что у ASEF фильтра точность распознавания по конкретным классам гораздо выше среднего значения и точность распознавания в большинстве классов превышает порог в 53%, а у таких классов как «0», «1», «7» составляет 75%, 85% и 63% соответственно. Сильно занижают средний процент распознавания такие классы как «2», «5» и «9» с процентом распознавания 17%, 20% и 9% соответственно. Скорее всего, такое распределение точности распознавания в классах говорит о наличии определенных признаков в фильтрах, которые помогают лучше распознать определенные классы цифр, такие как «0» и «1».

С задачей распознавания зрачка MACE и ASEF фильтры справились гораздо лучше, т.к. перед фильтрами стояла задача классификации лишь по двум классам: «зрачок», «не зрачок». Средний процент распознавания базы FERET для КФ ASEF составляет 76% против 47% для распознавания рукописных цифр. Фильтр MACE на базе лиц FERET показал средний процент распознавания равный 65%, что заметно лучше 18% для рукописных цифр. Если смотреть процент распознавания по классам, то фильтр ASEF распознал зрачок правильно в 90% случаев, MACE фильтр правильно

распознает значок в 79% случаев. В целом, фильтр ASEF лучше справился с задачами распознавания. Стоит заметить, что в задаче распознавания значков результаты фильтра MACE близки к значениям фильтра ASEF, т.е. в подобных задачах можно использовать MACE фильтр, тем более, что он используется при построении оптических корреляторов, скорость работы которых значительно выше скорости работы компьютера. Так же стоит отметить, что на процент распознавания влияют тренировочные выборки. В базе FERET присутствуют фотографии, для которых есть координаты значков, но человек на фото с закрытыми глазами или координаты самого значка смещены, а т.к. для фильтра MACE требуется центрирование цели, такие неточности в базах значительно влияют на конечный процент распознавания.

Исследуемые корреляционные фильтры не показали выдающихся результатов в распознавании рукописных цифр и значков, однако, MACE и ASEF фильтры использовались без применения предварительной обработки и подготовки изображений и смогли показать достаточно высокий результат в задачах распознавания образов. Так как MACE фильтр относится к семейству корреляционных фильтров с ограничениями, в частности, с ограничением на корреляционный выход, он более требователен к обучающей выборке и для его успешной тренировки требуется с точным центрированием цели. ASEF фильтр относится к семейству фильтров без ограничений и не нуждается в центрировании, но нуждается в точных координатах корреляционного отклика. Это значит, что для использования подобных фильтров требуется очень хорошо подготовленная обучающая выборка.

Список опубликованных работ

1. Болотова Ю.А., Хлопонин И.А. Исследование инвариантных корреляционных фильтров в задачах распознавания образов на изображениях // XIII Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования»

Список использованных источников

2. Template matching [Электронный ресурс] - режим доступа: URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Template_matching (06.04.2016).
3. Башкиров А.И. Оптические системы обработки информации: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. - 99с.
4. Average of synthetic exact filters [Электронный ресурс] - режим доступа: URL: <http://www.cs.colostate.edu/~bolme/publications/Bolme2009Asef.pdf> (17.01.2015).
5. Злоказов Е.Ю. Инвариантные корреляционные фильтры с линейным фазовым коэффициентом для лазерных систем корреляционного распознавания изображений / Автореферат Москва: МИФИ, 2011.- 23с.
6. Minimum average correlation energy filters [Электронный ресурс] – режим доступа: URL: <https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?id=30657> (21.03.2016).
7. Варианты корреляционных фильтров для распознавания бинарных контурных и полутоновых изображений в схеме голографического коррелятора ВандерЛюгта [Электронный ресурс] - режим доступа: URL: <http://www.holography-journal.com/wp-content/uploads/2013/03/15.pdf> (21.03.2016).
8. Face Verification using Correlation Filters [Электронный ресурс] – режим доступа: URL: http://users.ece.cmu.edu/~kumar/Biometrics_AutoID.pdf (21.03.2016).
9. Selective a composite correlation filter design: a survey and comparative study [Электронный ресурс] – режим доступа: URL: <http://opticalengineering.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=1088910> (07.04.2016).

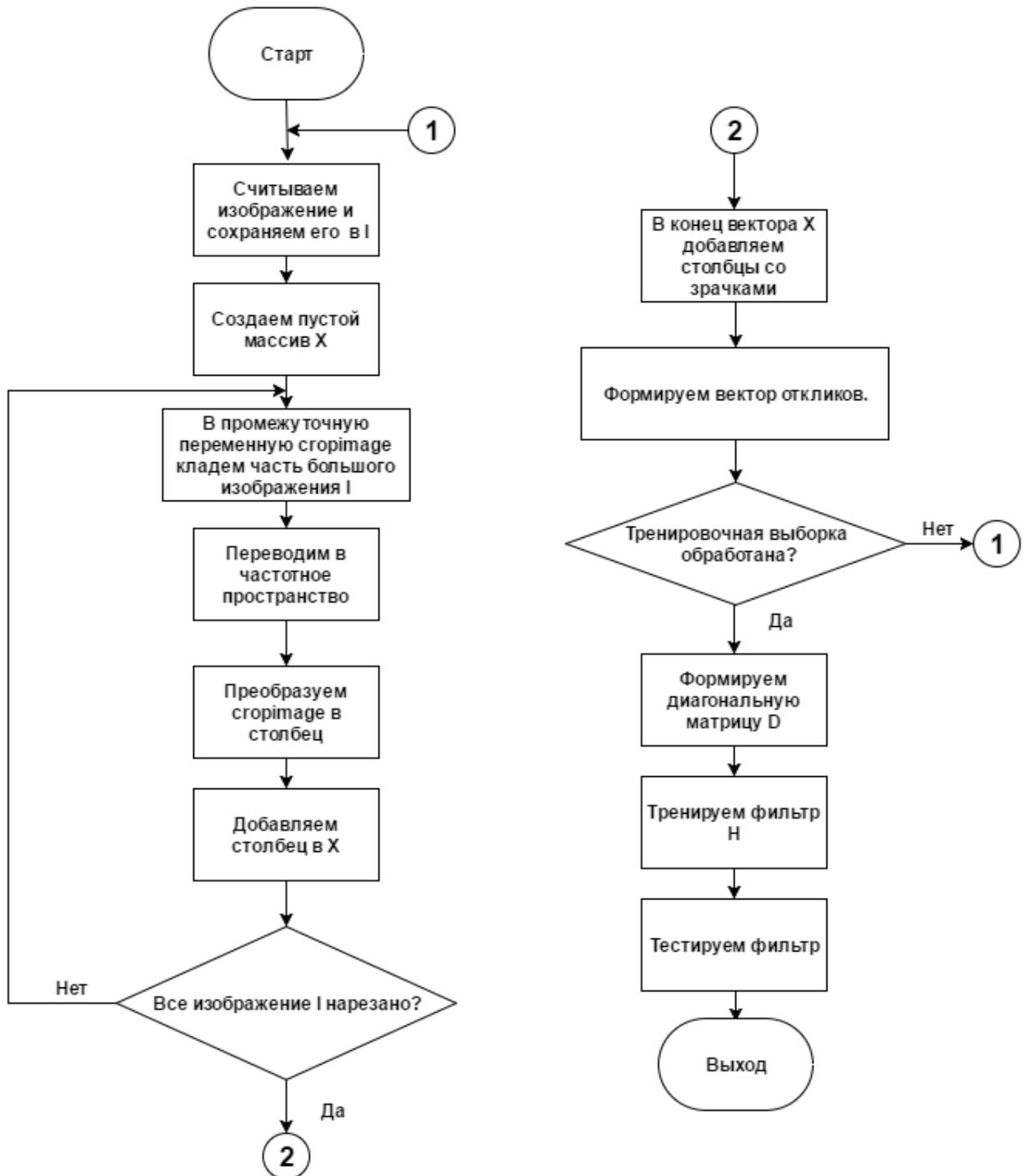
10. Advances in Correlation Filters: Vector Features, Structured Prediction and Shape Alignment [Электронный ресурс] <http://vishnu.boddeti.net/papers/dissertation.pdf>.
11. B.V.K. Vijaya Kumar, Abhijit Mahalanobis, Richard D. Juday Correlation Pattern Recognition // Cambridge University Press 2016.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: с изменениями от 25 апреля 2007 г. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.
13. СНиП 23-05-95 от 20.05.1995. Строительные нормы и правила Российской Федерации «Естественное и искусственное освещение»
14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
15. Научно-информационный портал Винити. Экология [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://science.viniti.ru>
16. Трудовой кодекс РФ на 2012 год – переаб. и доп. – М.; Рид Групп, 2012.
17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ.
18. Болотова Ю.А., Хлопонин И.А. Исследование инвариантных корреляционных фильтров в задачах распознавания образов на изображениях // XIII Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования».

Приложения

Приложение А

(обязательное)

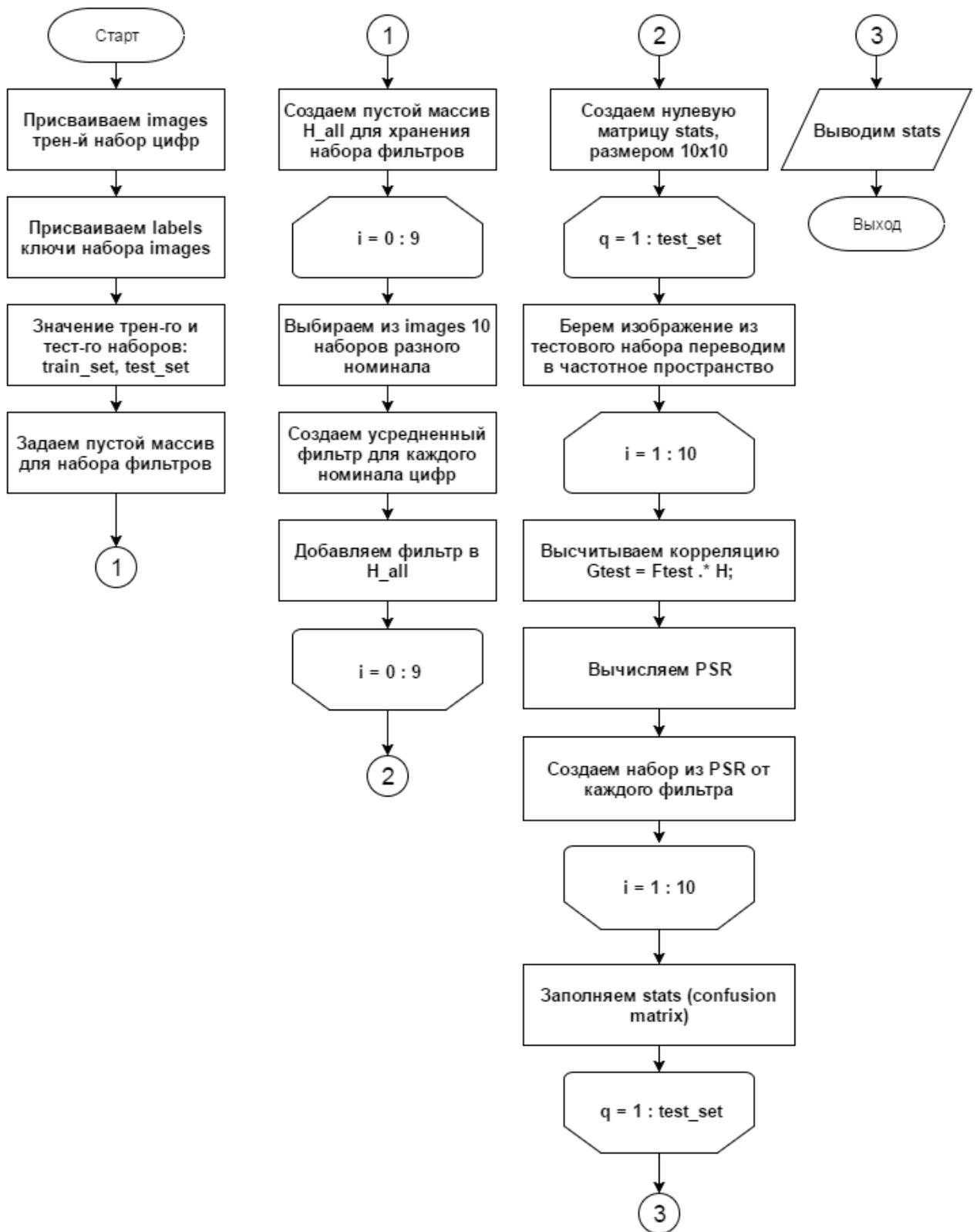
Блок-схема алгоритма создания МАСЕ фильтра на базе FERET



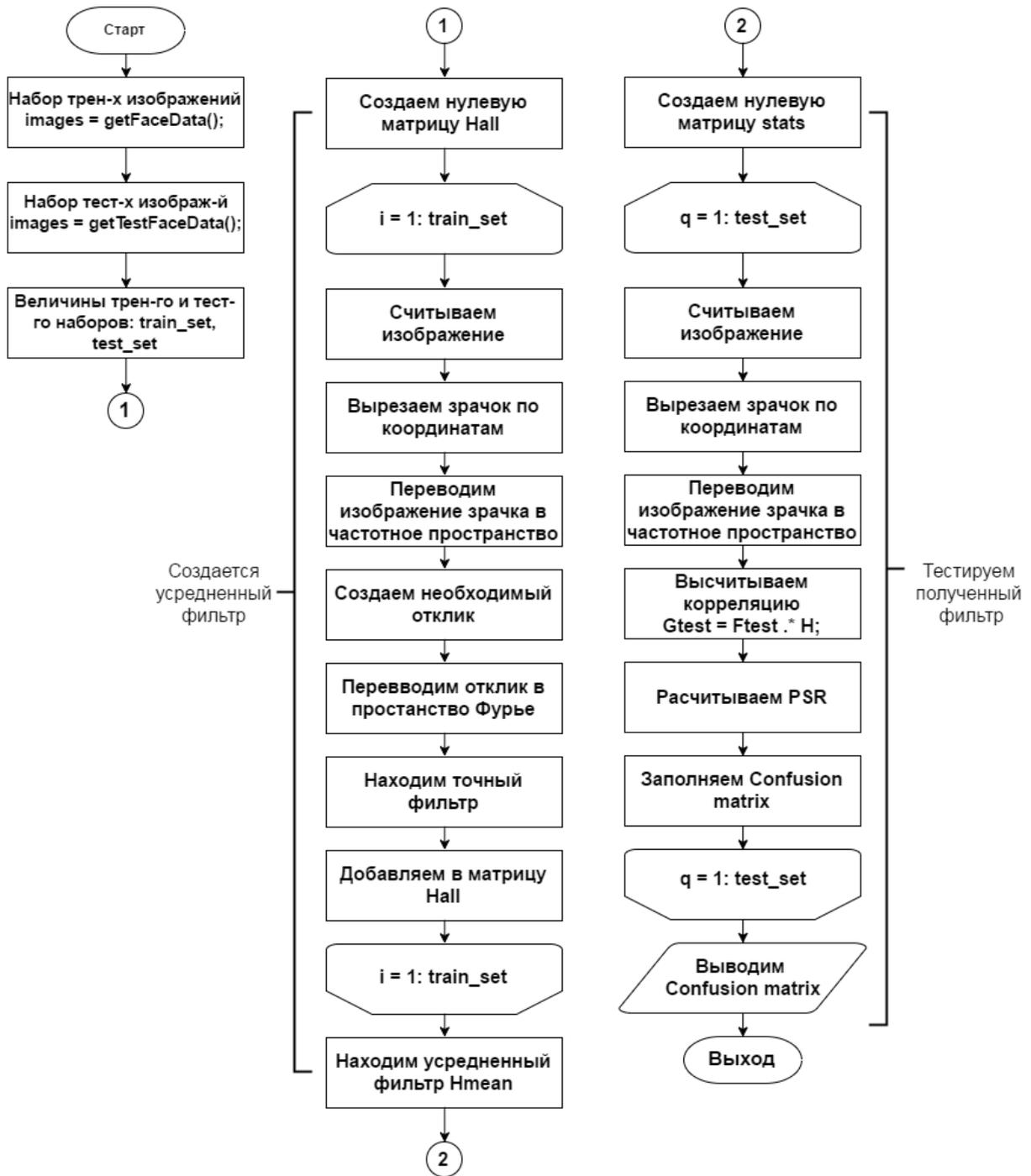
Блок-схема алгоритма создания МАСЕ фильтра на базе MNIST



Блок-схема алгоритма создания ASEF фильтра на базе MNIST



Блок-схема алгоритма создания ASEF фильтра на базе FERET



Приложение Б.1

(обязательное)

Оценка классификатора ASEF для базы MNIST

Таблица Б.1. Матрица неточностей для КФ ASEF на базе MNIST

Номиналы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Дейст Σ по номиналам
0	755	6	43	0	0	0	107	90	0	0	1001
1	2	959	2	80	0	3	11	2	68	0	1127
2	233	16	175	73	23	3	289	167	5	7	991
3	157	55	5	555	5	13	40	87	113	2	1032
4	12	27	2	21	540	54	39	219	11	55	980
5	22	10	2	214	34	172	17	131	257	4	863
6	63	93	6	16	89	3	555	161	12	16	1014
7	54	52	4	60	19	0	169	680	11	21	1070
8	70	296	3	277	9	6	38	31	213	1	944
9	12	195	2	50	193	7	105	252	70	92	978
Распозн Σ по номиналам	1380	1709	244	1346	912	261	1370	1820	760	198	10000

Приложение Б.2

Таблица Б.2. Таблица с полнотой, точностью и F-мерой по каждому номиналу для фильтра MACE на базе MNIST

Номиналы	TP	TN	FP	FN	Precision	Recall	F
0	755		625	246	0,5471	0,7542	0,6342
1	959		750	168	0,5611	0,8509	0,6763
2	175		69	816	0,7172	0,1766	0,2834
3	555		791	477	0,4123	0,5378	0,4668
4	540		372	440	0,5921	0,5510	0,5708
5	172		89	691	0,6590	0,1993	0,3060
6	555		815	459	0,4051	0,5473	0,4656
7	680		1140	390	0,3736	0,6355	0,4706
8	213		547	731	0,2803	0,2256	0,2500
9	92		106	886	0,4646	0,0941	0,1565

Приложение В.1

(обязательное)

Оценка классификатора МАСЕ для базы MNIST

Таблица В.1. Матрица неточностей для КФ МАСЕ на базе MNIST

Номиналы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Дейст Σ по номиналам
0	223	273	16	68	9	22	198	148	33	11	1001
1	8	592	67	204	4	75	59	63	44	11	1127
2	70	82	31	124	49	69	227	233	56	50	991
3	123	50	29	313	52	40	154	88	64	119	1032
4	57	220	13	105	158	39	182	90	89	27	980
5	117	116	34	70	39	15	215	114	100	43	863
6	10	565	5	31	21	23	194	103	41	21	1014
7	105	197	21	199	124	101	127	57	85	54	1070
8	69	169	33	120	30	67	202	95	111	48	944
9	111	171	25	127	55	62	125	174	63	65	978
Распозн Σ по номиналам	893	2435	274	1361	541	513	1683	1165	686	449	10000

Приложение В.2
(обязательное)

Таблица В.2. Таблица с полнотой, точностью и F-мерой по каждому номиналу для фильтра MACE на базе MNIST

Номиналы	TP	TN	FP	FN	Precision	Recall	F
0	223		670	778	0,2497	0,2228	0,2355
1	592		1843	535	0,2431	0,5253	0,3324
2	31		243	960	0,1131	0,0313	0,0490
3	313		1048	719	0,2300	0,3033	0,2616
4	158		383	822	0,2921	0,1612	0,2078
5	15		498	848	0,0292	0,0174	0,0218
6	194		1489	820	0,1153	0,1913	0,1439
7	57		1108	1013	0,0489	0,0533	0,0510
8	111		575	833	0,1618	0,1176	0,1362
9	65		384	913	0,1448	0,0665	0,0911

Приложение Г

(обязательное)

Оценка классификатора ASEF для базы FERET

Таблица Г.1. Матрица неточностей для КФ ASEF на базе FERET

	зрачок	не зрачок	Дейст Σ по зрачкам
зрачок	45	5	50
не зрачок	19	31	50
Распозн Σ по зрачкам	64	36	100

Таблица Г.2. Таблица с полнотой, точностью и F-мерой по каждому номиналу для фильтра ASEF на базе FERET

	TP	TN	FP	FN	Precision	Recall	F
зрачок	45	50	19	5	0,7031	0,90	0,7895
не зрачок	31	50	5	19	0,8611	0,62	0,7209

Приложение Д
(обязательное)

Оценка классификатора MACE для базы FERET

Таблица Д.1. Матрица неточностей для КФ MACE на базе FERET

	зрачок	не зрачок	
зрачок	79	21	100
не зрачок	49	51	100
	128	72	200

Таблица Д.2. Таблица с полнотой, точностью и F-мерой по каждому номиналу для фильтра MACE на базе MNIST

	TP	TN	FP	FN	Precision	Recall	F
зрачок	79		49	21	0,6172	0,79	0,6930
не зрачок	51		21	49	0,7083	0,51	0,5930

Приложение Е

(рекомендуемое)

Часть ВКР на английском языке

Definitions, abbreviations

MACE – minimum average correlation energy filter;

MVSDF – Minimum Variance Stochastic Discount Factor;

OTF – optical tunable filter;

PSR – peak to side lobe ratio;

SDF – synthetic discriminant function;

ASEF – average of synthetic exact filters.

UMACE – Unconstrained Minimum Average Correlation Energy;

UOTSDF – Unconstrained Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function;

MACH – Maximum Average Correlation Height;

MOSSE – Minimum Output Sum of Squared Error;

CF – Correlation Filters;

MMCF – Maximum Margin Correlation Filter

MMVCF – Maximum Margin Vector Correlation Filter

OTSDF – Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function

OTCHF – Optimal Trade-Off Circular Harmonic Filter

MACE-MRH – Minimum Average Correlation Energy – Mellin Radial Harmonic Filter

MACH – Maximum Average Correlation Height

VCF – Vector Correlation Filter

PCF – Polynomial Correlation Filter

DCCF – Distance Classifier Correlation Filters

SVM – Support Vector Machine

DFT – Discret Fourier Transform

Literature review

Base conception of correlation is introduced in Figure 1. The task is finding “U” letter on the picture. In the Figure 1 black pixels have brightness equal to 1 and white pixels equal to 0.

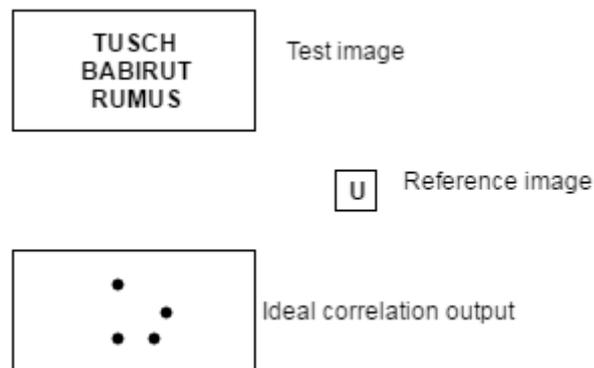


Figure __ 1. Correlation basis

Suppose we are trying to locate all occurrences of the reference or target image (U in this example) in the test image (also called the input scene). One way to achieve this is to cross-correlate the target image with the input scene. The target image is placed in the upper left corner of the input scene and pixel-wise multiplication is carried out between the two arrays; all of the values in the resultant product array are summed to produce one correlation output value. This process is repeated by shifting the target image in 1 pixel to the right and process is repeated, thus producing a two-dimensional output array called the correlation output. For a case introduced in Figure 1 this correlation output would have four large values corresponding to the four “U” letters in the input scene and zeros for the other letters. Thus, large cross-correlation values indicate the presence and location of the character we are looking for. However, this will not always be achievable because some other letters similar to “U” may have high cross-correlation. For example, letter “C” and letter “O” have large cross-correlation. Correlation can be thought of as the output from a matched filter and it can be shown to be “optimal” for detecting known signals corrupted by additive white noise [10].

A major milestone in the development of correlation for pattern recognition was the pioneering work by VanderLugt who represented complex valued matched filters using holograms and thus implemented correlation operation using coherent optical processors. That work made possible the use of optical correlators to detect and locate reference image in observed scenes [10].

Correlation filters

Algorithms of correlation filters pertain to common class of methods template matching. Template matching is a method of searching and locating template in image. Template matching methods often realize with operation of convolution image with mask. This method can be used with grayscale images and contour images. Convolution output will be high in those places where structure of image matches structure of mask.

To implement this method take part of search images to use it as a template for searching. Let us take $I(x,y)$ is an image for searching, where (x,y) - coordinates of each pixel in the search image. We will call the template $T(x,y)$ where (x,y) represent the coordinates of each pixel in template. Then center of template moving over each (x,y) point in the search image and calculate the sum of products between the coefficients in $I(x,y)$ and $T(x,y)$ over the whole area spanned by the template. As all possible position of the template with respect to the search image are considered, the position with the highest score is the best position. This method sometimes referred to as “linear spatial filtering” and the template is called filtering mask. Template matching technique solves many important tasks of computer vision such as search and recognition of objects in images and objects comparison.

Objective of research in this work is a method of recognition objects on image by template matching. Simplicity and efficiency of this method forces researchers to pay attention to it, despite the many known deficiencies.

One commonly recognized weakness of simple template matching is that while the response to a perfect example of the template pattern will always be high,

the relative strength of responses to alternative patterns can be unpredictable. A family of correlation filters has been developed that endeavors to overcome this weakness by suppressing responses to near-miss or distractor patterns, while preserving strong responses to the target pattern [3].

Figure 2 represents a map of correlation filters offered in work [9]. In range of correlation filters dominate three main class: unconstrained, constrained and overconstrained.

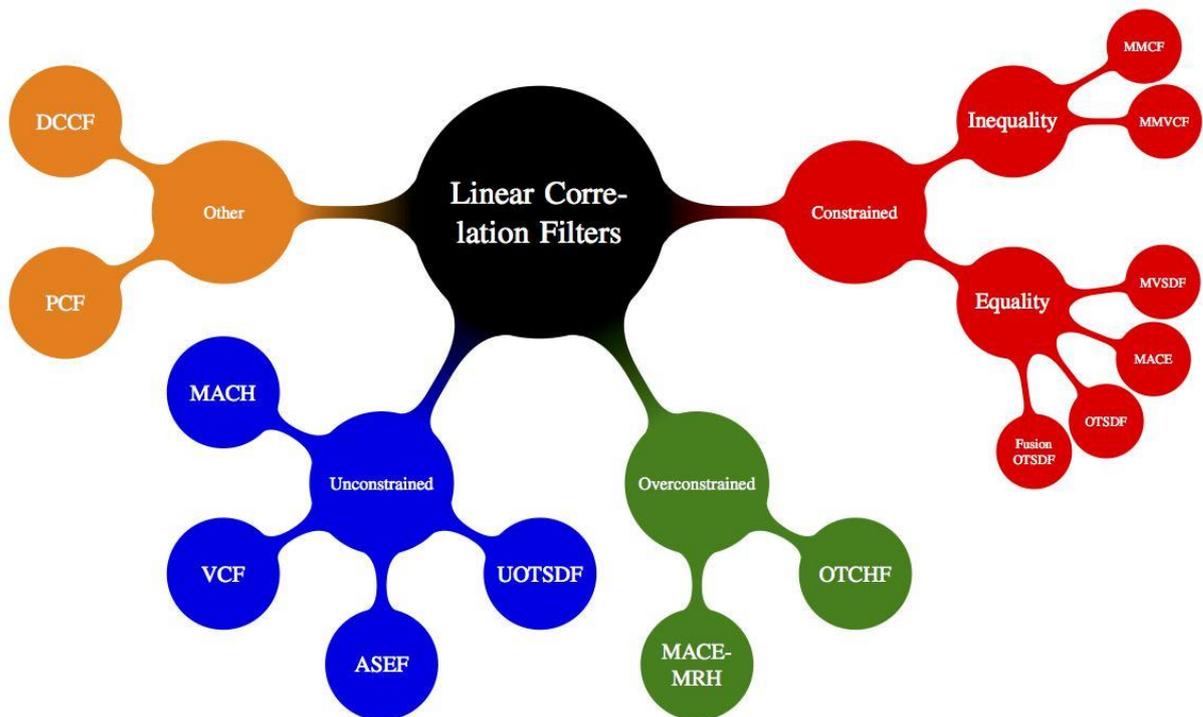


Figure _ 2: A Mind Map of various Linear Correlation Filter designs proposed in the literature. This thesis proposes vector extensions (MMVCF and VCF) of traditional scalar feature linear correlation filters. DCCF: Distance Classifier Correlation Filters, PCF: Polynomial Correlation Filters, MACH: Maximum Average Correlation Height, VCF: Vector Correlation Filter, ASEF: Average of Synthetic Exact Filter, UOTSDF: Unconstrained Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function, MACE-MRH: Minimum Average Correlation Energy-Mellin Radial Harmonic Filter, OTCHF: Optimal Trade-Off Circular Harmonic Filter, Fusion OTSDF: Fusion Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function, OTSDF: Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function, MACE: Minimum Average Correlation Filter, MVSDF: Minimum Variance Synthetic

Discriminant Function, MMCF: Maximum Margin Correlation Filters and
MMVCF: Maximum Margin Vector Correlation Filter [9].

Correlation filters primarily seek to explicitly control the shape of the entire cross-correlation output between the image and the filter unlike other classifiers (e.g., SVMs) which only control the output value at the target location. Towards this end many correlation filter designs have been proposed which minimize the Mean Square Error (MSE) between the ideal desired correlation output for a true-class (or false-class) input image and the cross-correlation output of the training images with the filter, which we refer to as localization loss. Base correlation filter in signal processing is a Matched filter. However, matched filter is optimal for detecting a known image in the presence of additive white gaussian noise its detection performance decreases significantly even in the presence of small distortions in the object appearance thereby requiring a matched filter for every possible distortion of the object encountered during test time rendering their usage impractical. Subsequently many different composite correlation filters have been proposed to take advantage of multiple training images thereby capturing distortions in the training images that are expected at test time. Main difference between different types of correlation filters is the presence or absence of additional constraints and the kind of constraints imposed in the filter design. These additional constraints pertain to the correlation value at the target location, for example, some correlation filters in addition to minimizing the regularized localization loss, also have a loss function associated with the correlation value at the target location. This allows to explicitly control the correlation output score at the object location while the loss defined in controls the overall shape of the correlation output including the correlation value at the target location [9].

Unconstrained filters

Represent linear parametric model for the classifier i.e., for a given input x the output of the classifier is computed as $c(x) = f^T + b$.

Regularization is a commonly used technique in statistics and machine learning and is motivated from many different viewpoints (e.g., functional complexity, statistical learning viewpoint, computational viewpoint, numerical stability). Here we consider the localization loss along with some regularization to improve the noise tolerance or equivalently the generalization capability of the classifier.

$$\min_f \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|x_i \otimes f - g_i\|_2^2 + \lambda \|f\|_2^2 \quad (1)$$

where λ where λ offers a trade-off between the localization loss and the regularization. This optimization problem can be solved efficiently in the frequency domain where the objective function has the following closed form expression:

$$\min_{\hat{f}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{f}^\dagger \hat{X}_i \hat{X}_i^\dagger \hat{f} - \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \hat{g}_i^\dagger \hat{X}_i^\dagger \hat{f} + \lambda \hat{f}^\dagger \hat{f} \quad (2)$$

where x denotes Fourier transform of x . X denotes diagonal matrix whose diagonal entries are the elements of x and † denotes conjugate transpose. Solving the above optimization problem results in the following closed form expression for the correlation filter,

$$\hat{f} = \left[\lambda I + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{X}_i \hat{X}_i^\dagger \right]^{-1} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{X}_i \hat{g}_i \right] \quad (3)$$

Depending on the choice of the ideal correlation plane g , the solution to the above optimization results in the common unconstrained filter designs like UMACE filter, UOTSDF filter, MACH filter, MOSSE filter.

Unconstrained correlation filters include filters which haven't strong constraints in output. Such filters demonstrates good robustness to different distortions keep good characteristics of constrained filters.

ASEF filters differ from prior correlation filters in that the convolution theorem is exploited to greatly simplify the mapping between the input training image and the output correlation plane. In the Fourier domain the correlation operation becomes a simple element-wise multiplication, and therefore each corresponding set of Fourier coefficients can be processed independently. Where SDF only specifies a single "synthetic correlation value" per training image, ASEF filters are trained using response images that specify a desired response at every location in each training image. This response typically is a bright peak centered on the target object of interest. One consequence of completely specifying the correlation output is a perfect balance between constraints and degrees of freedom for each training image, and therefore a complete "exact filter" is determined for every training image [3].

Finally, ASEF filters provide much more freedom when selecting training images and when specifying the synthetic output. A benefit is that the training images need not be centered on the target. For each training image, we specify the desired filter output and may place the peak wherever the target appears. Because the correlation peak moves in lockstep with the targets in the training images, all the exact filters are consequently registered by inverting the correlation process. This increases training flexibility, allowing us to customize the desired response for each training image. For example, training images may have multiple targets per training image as long as the synthetic output contains multiple corresponding peaks.

Singularity of ASEF filters is an entire correlation response surface is specified for each training instance during filter construction. Resulting filters, one per training image, are then simply averaged. The resulting filters are less susceptible to overfitting the training data than other methods, and can therefore be

trained over larger and more inclusive training sets. As a result, they outperform previous methods [3].

Constrained correlation filters

Differ two kinds of constrained correlation filters equality constrained and inequality constrained correlation filters (picture 2). The equality constrained correlation filters in addition to minimizing the peak sharpness metric also constrain the correlation value at the target location. The mathematical formulation of the equality constrained correlation filters is as follows,

$$\min_f \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|x_i \otimes f - g_i\|_2^2 + \lambda \|f\|_2^2 \quad (4)$$

$$s. t. f^T x_i = q_i$$

where q_i denotes the value that we want to constrain the correlation value at the target location to. This formulation usually results in closed form solutions and can be computed very efficiently by posing the optimization problem in the frequency domain,

$$\min_{\hat{f}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{f}^\dagger \hat{X}_i \hat{X}_i^\dagger \hat{f} - \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \hat{g}_i^\dagger \hat{X}_i^\dagger \hat{f} + \lambda \hat{f}^\dagger \hat{f} \quad (5)$$

$$s. t. \hat{f}^\dagger \hat{x}_i = q_i$$

where q_i is appropriately scaled to account for the scale factors in DFT (Discret Fourier transform). Depending on the choice of g and λ this formulation results in the common constrained correlation filter designs like Minimum Average Correlation Energy (MACE) filter and Optimal Trade-Off Synthetic Discriminant Function (OTSDF) filter [9].

Correlation with an example template works well if the appearance of the target does not change significantly from image to image. Unfortunately, in most domains the appearance of the target does change across images, due to variations among target instances and changes in imaging condition (e.g. lighting, pose). There is also the threat that a template may respond to visually similar non-target objects.

A large family of correlation filters have been developed that improve the response to a variety of input stimuli: MVSDF, MACE, OTSDF, Fusion OTSDF and others.

All of these filters are similar in the way that they are trained. Specifically, they all require a zero/one (target/non-target) constraint on each training image. It has been found that these hard constraints are unnecessary and can even be detrimental for producing robust correlation filters.

MVSDF filters typically emphasize lower frequencies which suppresses noise, but this also has the effect of producing smoother peaks that are more difficult to detect. MACE attempts to produce sharp detectable peaks by minimizing the average correlation plane energy for the training set.

MACE filters typically emphasize high frequencies. This produces sharp peaks, but also makes the filter much more sensitive to noise [3].

The MVSDF, MACE, and OTF filters mentioned above are all based on similar assumptions, and have many of the same issues. Each training image is given a single “synthetic correlation value”, which is the value the filter should return when the filter is centered upon the image. The result is too few constraints relative to the degrees of freedom in the filter, leading to overfitting of the training data [3].

Overconstrained correlation filters

Unconstrained correlation filters do not impose constraints on correlation output and types depend from correlation plane.

Constrained correlation filters add constraints to correlation output to correlation plane .

Overconstrained correlation filters design with theory of harmonic functions, it allow produces filters are invariant to rotation, but this imposes additional constraints compared to previous types of filters, so such filters called overconstrained. MACE-MRH and OTCHF present such kind of filters.

Приложение Ж

(обязательное)

Листинг функций

eyeExtractor

```
function Ee = eyeExtractor(faceimage, eyeX, eyeY, edge)
    edge2 = ceil(edge/2);
    Ee = faceimage(eyeY-edge2:eyeY+edge2-1, eyeX-edge2:eyeX+edge2-1);
endfunction
```

eyeSupressor

```
function Ee = eyeSupressor(faceimage, eyeX, eyeY, edge)
    edge2 = ceil(edge/2);
    Ee = faceimage;
    Ee(eyeY-edge2:eyeY+edge2-1, eyeX-edge2:eyeX+edge2-1)=zeros(edge);
endfunction
```

myImRead

```
function image = myImRead(path)
    image = rgb2gray(imread(path));
endfunction
```

buildTrainingData

```
function [X, u] = buildTrainingData(facelImage, iriscoordinat, es, positiveOnly)
    X = [];
    u = [];
    % narezaem bolshuu kartinku na chasti
    if positiveOnly!=1
        facelImageNoEye = facelImage;
        facelImageNoEye = eyeSupressor(facelImageNoEye, iriscoordinat(1), iriscoordinat(2), es);
        facelImageNoEye = eyeSupressor(facelImageNoEye, iriscoordinat(3), iriscoordinat(4), es);

        nlimit = floor(size(facelImageNoEye)(2)/es)-1;
        mlimit = floor(size(facelImageNoEye)(1)/es)-1;
        if nlimit > 10
            nlimit = 10;
        endif
        if mlimit > 10
            mlimit = 10;
        endif
        for n = 0:nlimit
            for m = 0:mlimit
                cropimage = facelImageNoEye(m*es+1:(m+1)*es,n*es+1:(n+1)*es);
                Xi = fft2(cropimage);
                X = [X Xi(:)];
                u = [u 0];
            endfor
        endfor
        %X = [X zeros(es)(:)];
        %u = [u 0];
        %
        %X = [X 255*ones(es)(:)];
        %u = [u 0];
        %
    end
endfunction
```

```

%X = [X 128*ones(es)(:)];
%u = [u 0];
%
%X = [X randi(255,es,es)(:)];
%u = [u 0];

endif

lefteye = eyeExtractor(facelImage, iriscoordinat(1), iriscoordinat(2), es);
righteye = eyeExtractor(facelImage, iriscoordinat(3), iriscoordinat(4), es);
Xi = fft2(lefteye);
X = [X Xi(:)];
u = [u 1];
Xi = fft2(righteye);
X = [X Xi(:)];
u = [u 1];
endfunction

```

getPsr

```

function PSR = getPsr(R)
%PSR=(peak-mean)/sigma
%peak - is max
%mean - average of the side lobe region
%sigma - is standart deviation side lobe region
PSR = 0;
peakValue = max(max(R));
[px, py] = find(R==peakValue);
npx = floor(size(R)(1)/2);
npy = floor(size(R)(2)/2);
Rcenter = circshift(R, [npx-px,npy-py]);
innerMatrixValues = Rcenter(npx-2:npx+2,npy-2:npy+2);
outerMatrixValues = [];
for i=1:size(Rcenter)(1)
    for j=1:size(Rcenter)(2)
        if i<npx-2 || i> npx+2 || j<npy-2 || j> npy+2
            outerMatrixValues = [outerMatrixValues Rcenter(i,j)];
        endif
    endfor
endfor
%R
%Rcenter
%innerMatrixValues
%outerMatrixValues
PSR = (peakValue - mean(outerMatrixValues))/std(outerMatrixValues);
endfunction

```

buildFilter

```

function H_mean = buildFilter(images, dataBase, dimensionSize, sigma)
m=1;
Hall = zeros(dimensionSize);
pologit_prohod = 0;

gi = gaussian(dimensionSize, sigma);
for i = 1:size(images)(2)
    f = myImRead(strcat(dataBase, images{i}{2}));
    f = eyeExtractor(f, images{i}{1}(3), images{i}{1}(4), dimensionSize);

```

```

m++;
F = fft2(f);
minimalnoeF = min(min(abs(F)));
if (minimalnoeF<0.00001)
    continue;
endif
pologit_prohod++;
G = fft2(gi);
H = G ./ F;
Hall = Hall + H;
end
H_mean = Hall / pologit_prohod;
endfunction

```

createOctaveData

```

#
# grep -RI left_eye_coordinates colorferet/dvd1/data/ground_truths/name_value/ | cut -d' ' -f5,6 >
dvd1list.txt
#
with open('dvd1list.txt') as f:
    content = f.readlines()

records = []
for line in content:
    fileRecord = {}
    with open('./colorferet/dvd1/data/ground_truths/name_value/' + line.strip()) as f:
        for line2 in f:
            name, var = line2.partition("=")[::-2]
            fileRecord[name.strip()] = var.strip()
        records.append({
            'name': line.replace('txt', 'ppm').strip(),
            'right': fileRecord['right_eye_coordinates'],
            'left': fileRecord['left_eye_coordinates'],
        })
    print(records)

print("{}")
for record in records:
    print("{ [" + record['left'] + ' ' + record['right'] + "], '" + record['name'] + "' },")
print("")

```