

На правах рукописи

МЯСНИКОВ Евгений Валерьевич

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА
ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ПОРТРЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Специальность 05.13.18 - Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

САМАРА - 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева» и Институте систем обработки изображений Российской академии наук

- Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор
Сергеев Владислав Викторович
- Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор
Прохоров Сергей Антонович,
заведующий кафедрой информационных систем и технологий,
ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева»,
- кандидат технических наук, доцент
Свиридов Вячеслав Павлович,
заместитель декана факультета автоматике и информационных технологий,
ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»
- Ведущее предприятие:** Институт автоматике и электротетрии
Сибирского отделения
Российской академии наук

Защита состоится "28" декабря 2007 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.215.05, созданном при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева» (СГАУ) по адресу: 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СГАУ.

Автореферат разослан "27" ноября 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., профессор

А.А. Калентьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена разработке численных методов и программного комплекса обработки и анализа документальных портретных изображений.

Актуальность темы

В настоящее время в связи с бурным развитием информационных технологий и их применением в различных сферах жизнедеятельности общества все более широкое распространение получают автоматизированные системы идентификации личности по биометрическим данным. Важное место среди подобных систем занимают системы распознавания личности по изображению лица, получаемого с использованием сканирующей, фото- и видеоаппаратуры. Актуальность более узкой задачи - идентификации личности по изображению лица на документальной фотографии обусловлена растущими потребностями автоматизации обработки видеоинформации в следующих областях деятельности: пограничный паспортный контроль, регистрация пассажиров на авиарейсах, внутренний или наружный видеоконтроль с целью обеспечения безопасности, контроль доступа с целью предотвращения несанкционированного доступа, поиск разыскиваемых лиц и т.д.

К настоящему времени разработано множество методов распознавания личности по фотоизображению лица, которые могут быть разделены на три группы:

1) глобальные методы, которые основаны на вычислении и использовании признаков изображений, характеризующих область лица в целом (так называемые "собственные лица", "фишеровские лица", метод опорных векторов и т.д.);

2) локальные методы, основанные на выделении признаков локальных областей изображения, соответствующих деталям лица: глазам, носу, рту (гибкое сравнение графов, скрытые марковские модели и др.);

3) гибридные методы, сочетающие в себе оба подхода.

Изучению различных аспектов проблемы распознавания личности по изображению лица посвящены труды В.В. Старовойтова, Н.Г. Федотова, М. Кирби (M. Kirby), Т. Кохонена (T. Kohonen), А. Пентланда (A. Pentland) Л. Сирович (L. Sirovich), М. Турка (M. Turk) и других российских и зарубежных ученых.

В настоящее время известен ряд программных систем, предназначенных для распознавания личности, наиболее известными из которых являются: системы автоматической идентификации и верификации людей компании "ZN Vision Technologies", система распознавания лиц FaceTools компании Viisage, система FaceIt компании Identix, система FaceVACS компании Cognitech, система Face-Инспектор компании Intelligent security system.

Несмотря на востребованность подобных систем их широкое распространение ограничивается следующими факторами:

- чрезвычайно высокая стоимость, трудности с сопровождением и поддержкой,
- закрытость архитектуры,
- отсутствие достоверных показателей эффективности распознавания и зачастую рекламный характер таких показателей,
- закрытость используемых информационных технологий, а также методов и алгоритмов, входящих в их состав.

Учитывая указанные факторы, а также то, что при решении задачи анализа документальных портретных изображений есть возможность в полной мере учесть специфику именно этого класса изображений, разработку численных методов и программного комплекса анализа документальных портретных изображений следует считать целесообразной.

Разработанные методы могут быть применены при решении задач идентификации и поиска личности по портретным изображениям на документах. Разработанный программный комплекс позволяет решать задачу контроля документов для идентификации личности.

Исследования по тематике диссертации были поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований: проекты № 06-01-00616-а, 07-07-97610-р_офи и в рамках российско-американской программы "Фундаментальные исследования и высшее образование" (CRDF Project RUX0-014-SA-06).

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является автоматизация процесса идентификации личности по изображению лица на документах. Для достижения этой цели в диссертации решаются следующие задачи.

1. Разработка математической модели лица и метода ее построения.
2. Разработка метода отбора информативных признаков для поиска изображений.
3. Разработка численного метода поиска изображений в базе данных.
4. Разработка численного метода сопоставления изображений.
5. Разработка архитектуры и реализация экспериментального программного комплекса обработки и анализа документальных портретных изображений.
6. Проведение экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность разрабатываемых методов.

Методы исследований

В диссертационной работе используются методы математического анализа, теории вероятностей и статистического анализа, теории цифровой обработки сигналов и изображений, теории распознавания образов, теории оптимизации.

Научная новизна работы

1. Предложена математическая модель лица, предназначенная для быстрого выделения информативной области на документальных портретных изображениях. Разработан метод построения (определения параметров) этой модели на основе анализа локальных статистических характеристик изображений.

2. Разработан трехэтапный метод отбора информативных признаков, основанный на автоматическом выборе информативных точек на полях признаков, процедурах присоединения-отбрасывания, построении субоптимальных пар "система признаков - классификатор".

3. Разработан двухэтапный численный метод поиска изображений в базе данных, включающий в себя предварительную селекцию изображений-претендентов и последующую классификацию отобранных изображений с использованием набора классификаторов-экспертов и классификатора-агрегатора.

4. Разработан численный метод сопоставления портретных изображений, основанный на оценке геометрического рассогласования изображений по их спектрам, представленным в логарифмически-полярных координатах.

5. Разработана архитектура экспериментального программного комплекса обработки и анализа документальных портретных изображений.

Практическая ценность работы

Разработанные методы открывают возможности для повышения эффективности решения задач идентификации и поиска личности по портретным изображениям на документах. Разработанный программный комплекс позволяет решать задачу контроля документов для идентификации личности.

Реализация результатов работы

Результаты диссертации использованы при выполнении ряда госбюджетных и хоздоговорных НИР в Институте систем обработки изображений РАН, Самарском государственном аэрокосмическом университете и ОАО «Самара - Информспутник», что подтверждено актами внедрения.

Апробация работы

Основные результаты диссертации докладывались на следующих конференциях:

- 9-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL'2007), г. Переславль-Залесский, Россия, 2007;
- 8-ой Международной конференции «Распознавание образов и анализ изображений: Новые информационные технологии» (8-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies - PRIA-8-2007), г. Йошкар-Ола, 2007;
- 13-ой Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов», Ленинградская обл., г. Зеленогорск, 2007;
- Научно-технической конференции с международным участием «Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении» (ПИТ-2006), г. Самара, 2006;
- Всероссийском семинаре по моделированию, дифракционной оптике и обработке изображений, г. Самара, 2006;
- Международной конференции «Second IASTED International Multi-Conference «Automation, Control, and Information Technologies. Software Engineering» (ACIT-SE). г. Новосибирск, 2005;
- 7-ой Международной конференции «Распознавание образов и анализ изображений: Новые информационные технологии» (7-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies - PRIA-7-2004), г. Санкт-Петербург, 2004;
- 2-ой летней школе молодых ученых по дифракционной оптике и обработке изображений, г. Самара, 2004;
- VI международной конференции «Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии» (РОАИ-6-2002), г. Великий Новгород, 2002.

Публикации

По теме диссертации опубликовано **девятнадцать** работ, в том числе **шесть** статей в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и трех приложений. Она изложена на 140 страницах машинописного текста (без приложений), содержит 43 рисунка, 23 таблицы, список использованных источников из 88 наименований.

На защиту выносятся

1. Математическая модель лица и метод ее построения на основе анализа локальных характеристик документальных портретных изображений.
2. Трехэтапный метод отбора информативных признаков для классификации изображений.
3. Двухэтапный численный метод поиска изображений в базе данных на основе совместной классификации.
4. Численный метод сопоставления изображений на основе оценки параметров их геометрических преобразований.
5. Архитектура экспериментального программного комплекса обработки и анализа документальных портретных изображений.
6. Результаты экспериментальных исследований, подтверждающие эффективность разработанных методов.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Первый раздел диссертации посвящен решению задачи поиска документальных портретных изображений в базе данных (БД). Приведена постановка задачи, обоснованы подходы к ее решению. Предлагаемый подход к решению задачи поиска состоит из трех основных этапов:

1. Построение математической модели лица для выделения информативной области лица.
2. Расчет информативных признаков изображения лица.
3. Поиск личности в БД.

На первом этапе по изображению лица производится **построение математической модели лица** (ММЛ) на основе анализа локальных статистических характеристик изображения. ММЛ представляет собой определенную совокупность параметров и ограничений. Важнейшими параметрами модели являются координаты так называемых опорных точек, характеризующих области с высокой $S^{(+)} = \left\{ \left(X_i^{(+)}, Y_i^{(+)} \right) \right\}$ и низкой $S^{(-)} = \left\{ \left(X_i^{(-)}, Y_i^{(-)} \right) \right\}$ локальной дисперсией на изображении. Области с высокой дисперсией соответствуют глазам, носу, губам, с низкой – скулам, щекам, переносице. Параметрами модели лица также являются координаты центров роговиц глаз (ЦРГ) и размер и расположение собственно информативной области лица. Ограничения, входящие в модель, касаются взаимного расположения опорных точек, а также ЦРГ.

Разработанный метод построения модели лица используется как на этапе обучения, так и на этапе применения. На этапе *обучения* формируется так называемое эталонное изображение, представляющее собой усредненное по обучающей выборке из БД поле локальных дисперсий с найденными на нем опорными точками $S_0^{(+)} = \left\{ \left(x_i^{(+)}, y_i^{(+)} \right) \right\}$, $S_0^{(-)} = \left\{ \left(x_i^{(-)}, y_i^{(-)} \right) \right\}$. Формируемое таким образом эталонное изображение обеспечивает адаптивность ММЛ к конкретной БД.

При *применении* разработанный метод построения модели лица состоит из следующих основных этапов:

1. Определение положения опорных точек.
2. Уточнение координат ЦРГ.
3. Определение положения и параметров информативной части изображения лица.

Определение положения опорных точек для конкретного изображения производится с использованием эталонного изображения. При этом предполагается, что положение опорных точек изображения сохраняется по сравнению с эталонным изображением с точностью до независимых линейных преобразований вдоль осей координат:

$$\left\{ S_0^{(+)} = \left\{ \left(x_i^{(+)}, y_i^{(+)} \right) \right\} \xrightarrow[\substack{X_i = ax_i + b \\ Y_i = cy_i + d}]{} \left\{ \left(X_i^{(+)}, Y_i^{(+)} \right) \right\} = S^{(+)} \right.,$$

$$\left\{ S_0^{(-)} = \left\{ \left(x_i^{(-)}, y_i^{(-)} \right) \right\} \xrightarrow[\substack{X_i = ax_i + b \\ Y_i = cy_i + d}]{} \left\{ \left(X_i^{(-)}, Y_i^{(-)} \right) \right\} = S^{(-)} \right..$$

Опираясь на данное предположение, параметры указанного преобразования (a, b, c, d) определяются для конкретного изображения, исходя из минимизации функционала, вычисляемому по полю локальных дисперсий изображения $h(x, y)$:

$$\sum_{S^{(+)}} h\left(X_i^{(+)}, Y_i^{(+)}\right) - \sum_{S^{(-)}} h\left(X_j^{(-)}, Y_j^{(-)}\right) \rightarrow \max_{a, b, c, d}.$$

Используя найденные параметры преобразования, определяются координаты опорных точек на обрабатываемом изображении. Несмотря на очевидную приближенность использованного предположения, найденные опорные точки позволяют выделить небольшую (по сравнению с размером изображения) область для дальнейшего уточнения наиболее важных параметров ММЛ. Такими параметрами являются центры роговиц глаз, а собственно метод *уточнения координат ЦРГ* состоит в следующем (см. рис.1). Для каждого шаблона, соответствующего различным размерам роговицы глаза строится корреляционное поле, на котором выделяются пики. Далее из всех пиков выбирается наиболее перспективная пара, удовлетворяющая всем ограничениям ММЛ и характеризующаяся максимальными значениями корреляции.

После определения координат ЦРГ *информативная область лица* определяется как усеченный эллипс, положение и размер которого однозначно связаны с параметрами эталона и уточненными координатами ЦРГ. В целях упрощения процедуры расчета признаков после построения ММЛ изображение подвергается геометрической нормализации, и участки изображения за границами информативной области игнорируются.

С целью определения точности модели на двух важнейших этапах построения ММЛ проводились экспериментальные исследования метода. Во-первых, оценивалась точность определения области поиска глаз, определяемая как вероятность попадания истинных координат обоих глаз внутрь зоны поиска. Во-вторых, оценивалась точность определения координат ЦРГ (см. рис. 2).

Критерием при проведении эксперимента было отклонение найденных координат центров роговиц от истинных значений (которые были введены вручную). В результате исследований установлено, что максимальное отклонение найденных координат ЦРГ от их истинных значений не превышает 4 пикселей (1/4 диаметра роговицы) с вероятностью 0.955.

Описанная выше ММЛ используется для предварительной обработки поступающего изображения, а именно для нормализации и выделения информативной области лица. Выполняемая таким образом предварительная обработка обеспечивает инвариантность рассчитываемых в дальнейшем признаков к вариациям прически, одежды, фона и других факторов, которые могут иметь место на документальной портретной фотографии.

Следующим этапом после нормализации и выделения информативной части лица является расчет признаков, используемых для поиска или сохранения в БД. При этом размерность исходного пространства признаков, представляющих собой собственно пиксели изображения (или компоненты спектральных преобразований изображений), может достигать десятков и сотен тысяч, и обучение классификаторов на таком пространстве признаков затруднительно. Учитывая, что существующие методики не позволяют отобрать признаки в случае столь высокой размерности исходного пространства, и, признавая, что использование только эмпирического подхода к выбору системы признаков не является целесообразным, в рамках диссертационной работы был предложен новый **метод отбора информативных признаков**. Разработанный метод используется в режиме обучения и позволяет не только снизить размерность исходного пространства

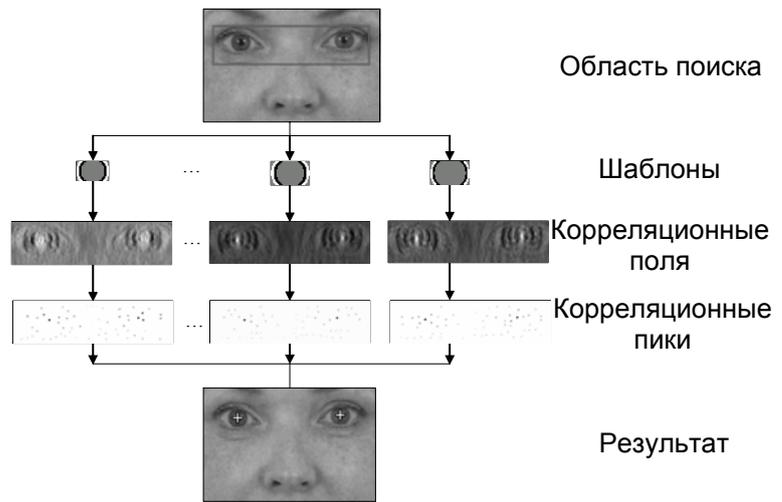


Рис. 1. Метод уточнения координат ЦРГ

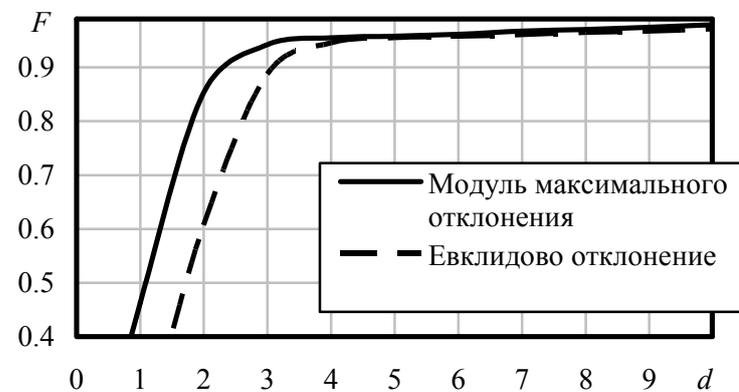


Рис. 2. Оценка интегральной функции распределения вероятности отклонения найденных координат ЦРГ от их истинных значений

признаков, до нескольких десятков признаков, но и подобрать субоптимальные пары «система признаков - классификатор» в смысле используемых критериев классификации.

На *первом этапе* предложенного метода производится так называемый предварительный отбор признаков (см. рис.3). Для каждого изображения из обучающей выборки БД производится построение первичного (избыточного) набора полей признаков. Рассматриваются различные типы признаков, как глобальные спектральные, так и локальные, рассчитываемые в скользящем окне. Для каждого типа признаков строится поле отношений общих и внутриклассовых дисперсий (классы, соответствующие личностям, задаются при формировании обучающей выборки).



Рис.3. Предварительный отбор признаков

В зависимости от того, является ли поле признаков спектральным, на поле отношений выбираются точки, соответствующие глобальным или локальным максимумам. Положение этих точек и определяет набор признаков для дальнейшего отбора.

На *втором этапе* отбор также осуществляется с использованием обучающего подмножества из БД. Для всех рассматриваемых в рамках работы классификаторов и критериев классификации рассчитываются признаки, отобранные на первом этапе, и задача отбора решается сначала методом последовательного присоединения – отбрасывания признаков. Таким образом, итогом второго этапа отбора признаков для каждого используемого критерия классификации является множество пар «система признаков - классификатор».

На *третьем этапе* отбора признаков для каждой выбранной пары «система признаков - классификатор» производится обучение классификатора на расширенной обучающей выборке из БД, а затем тестирование на контрольной выборке из БД. Исходя из полученных результатов, итогом всей процедуры отбора признаков становится одна или несколько субоптимальных в смысле используемого критерия пар «система признаков - классификатор».

Численный метод поиска изображений, используемый на третьем этапе технологии, представляет собой двухэтапную процедуру, на первом этапе которой осуществляется предварительный отбор претендентов, а на втором этапе с использованием метода совместной классификации производится окончательный отбор. Такое построение метода поиска обеспечивает как высокие вероятностные показатели, так и приемлемое время поиска.

Основной целью *первого этапа поиска изображений*, называемого также *селекцией*, является существенное сокращение числа претендентов, попадающих на второй этап поиска.

При этом критерием при обучении классификатора является минимизация ошибки второго рода (пропуска объекта), так как пропуск искомого объекта на первом этапе означает неверное решение задачи поиска в целом. При проведении экспериментальных исследований необходимо было найти компромисс между вероятностными характеристиками решения задачи селекции, количеством используемых признаков и отбираемых изображений. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 4. В качестве системы признаков были выбраны 15 признаков на основе локального среднеквадратического отклонения (СКО).

Второй этап поиска реализуется с использованием процедуры совместной классификации (см. рис. 5), в которой решения, выносимые классификаторами-экспертами, объединяются классификатором-агрегатором.

Классификатор-агрегатор представляет собой байесовский классификатор в виде отношения правдоподобия для бинарных векторов признаков. Применение совместной классификации позволило добиться результатов, не достижимых по сравнению с использованием любого из рассмотренных в работе классификаторов-экспертов.

В рамках работы были исследованы следующие классификаторы-эксперты:

- 1) байесовский классификатор для нормально-распределенных векторов признаков (КНРВП),
- 2) байесовский классификатор на основе непараметрической оценки Парзена плотности вероятности (КОППВ),
- 3) классификатор по пороговым ограничениям (КПО).

Экспериментальные исследования классификаторов-экспертов производились совместно с выбором субоптимальных систем признаков. Были исследованы

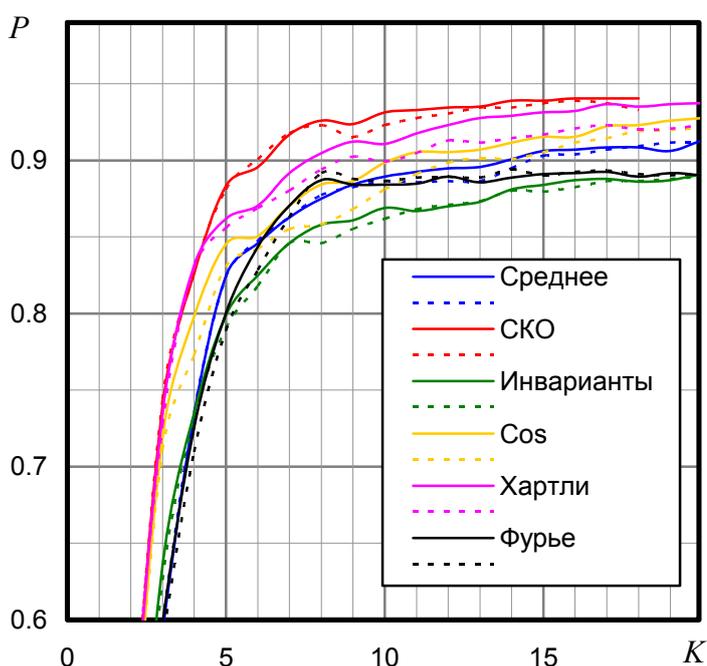


Рис. 4. Зависимость оценки вероятности попадания предъявляемого изображения в список претендентов от количества признаков

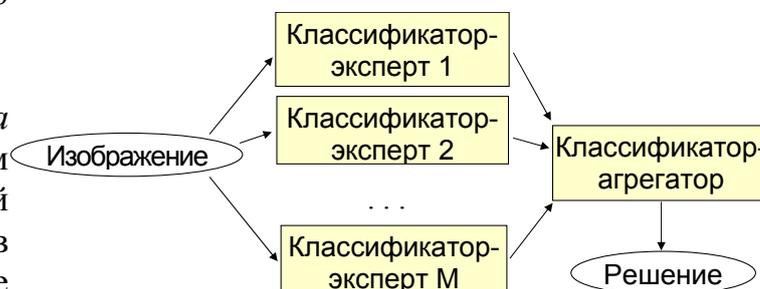


Рис. 5. Схема совместной классификации

следующие типы признаков: глобальные спектральные признаки (Фурье, Хартли и др.), локальные признаки (средние значения яркости, локальные СКО, свертки с шаблонами элементов лица и др.). Размерности всех указанных типов признаков совпадали с размерностью исходного изображения. Некоторые результаты исследований классификаторов-экспертов приведены на рис. 6.

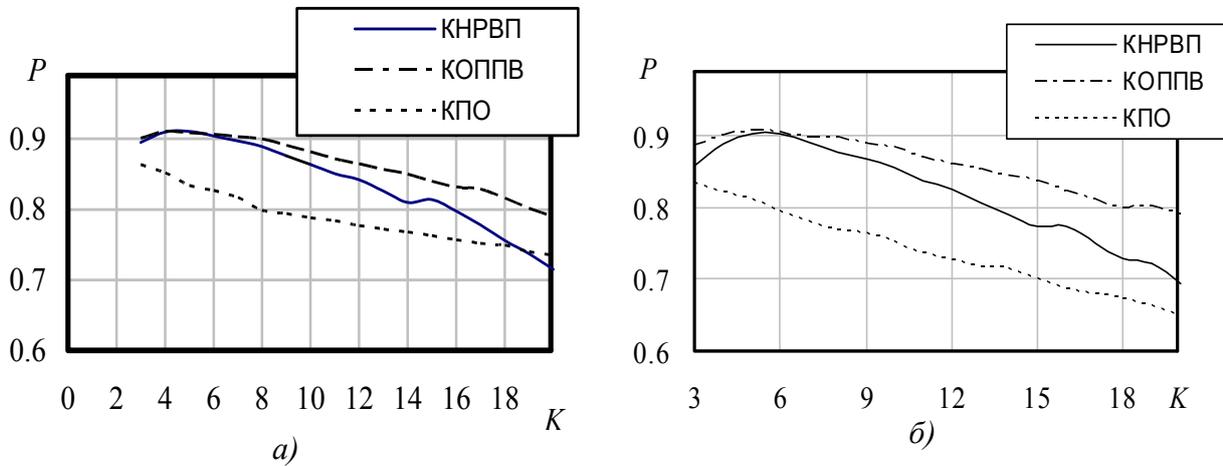


Рис.6. Зависимости оценки вероятностей правильной идентификации от количества признаков: а) признаки на основе преобразования Хартли; б) признаки на основе локальных средних значений

Результаты экспериментальных исследований разработанного метода подтвердили эффективность применения двухэтапной схемы с процедурой совместной классификации. Для использованной при моделировании БД, состоящей из 4800 изображений, были получены следующие оценки вероятностей

- в случае, когда искомый класс присутствует в БД:
 - вероятность верного обнаружения объекта - 0.912,
 - вероятность ошибки обнаружения (нахождения другого объекта) - 0.014,
 - вероятность пропуска объекта - 0.074;
- в случае, когда искомый класс отсутствует в БД:
 - вероятность правильного подтверждения отсутствия в эталонной выборке объектов - 0.855,
 - вероятность ложного обнаружения отсутствующих в эталонной выборке объектов - 0.145.

Второй раздел диссертации посвящен решению задачи сопоставления документальных портретных изображений. Предложен метод сопоставления портретных изображений на основе оценки параметров их геометрических преобразований. Оценка параметров геометрических преобразований производится с использованием корреляционного подхода и представления модулей Фурье-образа исходных изображений в логарифмически-полярной системе координат.

Пусть исходный сигнал $f(x,y)$, заданный в декартовых координатах, путем поворота на угол φ , масштабирования с коэффициентом α и сдвига на величины τ_x , τ_y вдоль осей x , y соответственно, преобразуется к сигналу $g(x,y)$. Тогда связь модулей спектров исходного и преобразованного сигналов в логарифмически-полярных координатах может быть выражена в следующем виде:

$$\|G^*(\log_b \rho, \beta)\| = \alpha^2 \|F^*(\log_b \alpha + \log_b \rho, \beta + \varphi)\|.$$

Здесь ρ и β образуют в спектральной области полярную систему координат, b - основание логарифма. Учитывая указанную взаимосвязь, алгоритм оценивания параметров преобразования может быть представлен следующим образом.

Шаг 0. Предварительная обработка изображений: фильтрация, яркостная нормализация, наложение радиально-симметричной маски для выделения области интереса на изображении.

Шаг 1. Расчет спектров $F(u,v)$ и $G(u,v)$ двумерных полей яркости исходного $f(x,y)$ и преобразованного $g(x,y)$ изображений.

Шаг 2. Вычисление модулей спектров $\|F(u,v)\|$ и $\|G(u,v)\|$.

Шаг 3. Переход к полярным координатам в соответствии с выражениями

$$u = \rho \cos \beta, \quad v = \rho \sin \beta$$

и логарифмированием шкалы по оси радиального аргумента:

$$\|F^*(\eta, \beta)\| = \|F^*(\log_b \rho, \beta)\|, \quad \|G^*(\eta, \beta)\| = \|G^*(\log_b \rho, \beta)\|.$$

Шаг 4. Расчет двумерной корреляции модулей спектров, полученных на шаге 3, и соответствующих нормирующих корреляционных множителей.

Шаг 5. Нахождение корреляционного пика η_{max} , β_{max} и определение по координатам пика параметров масштабирования α и поворота φ :

$$\alpha = b^{\eta_{max}}, \quad \varphi = \beta_{max}.$$

Шаг 6. Поворот и масштабирование исходного изображения $x(t_1, t_2)$ по полученным значениям α и φ параметров преобразования:

$$f'(x, y) = f\left(\frac{x \cos \varphi + y \sin \varphi}{\alpha}, \frac{-x \sin \varphi + y \cos \varphi}{\alpha}\right)$$

Шаг 7. Расчет взаимной корреляционной функции изображения $f'(x,y)$, полученного на шаге 6, и преобразованного изображения $g(x,y)$. Учитывая особенности портретных изображений, на данном шаге возможно использование только центральной части изображения.

Шаг 8. Расчет значения корреляционного пика и определение по координатам пика параметров взаимного сдвига изображений τ_x , τ_y .

Полученное на последнем шаге значение корреляции может быть использовано в качестве меры при сопоставлении. Проведены экспериментальные исследования, показавшие эффективность оценки параметров геометрических преобразований по сравнению с известным методом моментов (см. рис.7).

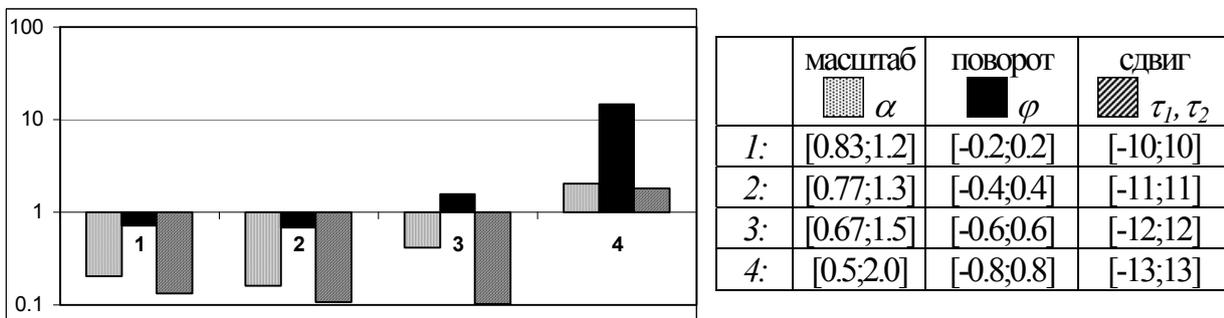


Рис. 7. Отношение средних значений ошибки оценки параметров геометрического рассогласования для Фурье-метода и метода моментов

Произведены исследования по повышению эффективности разработанного метода путем выбора вида применяемого окна маскирования, а также выбора применяемого способа интерполяции в рамках метода сопоставления портретных

изображений. Произведена оценка эффективности метода сопоставления портретных изображений, результаты которой составили:

- вероятность верного сопоставления идентичных фотографий - 0.9987;
- вероятность ошибки сопоставления различных фотографий - 0.0006.

Полученные результаты позволили сделать вывод об эффективности применения разработанного метода сопоставления в задаче идентификации личности по изображению лица на документальной фотографии.

Третий раздел диссертации посвящен разработке архитектуры и реализации программного обеспечения экспериментального комплекса анализа документальных портретных изображений. Определены требования, предъявляемые на этапе проектирования программного комплекса, основными из которых являются:

- возможность одновременной обработки запросов, поступающих с нескольких рабочих мест (контроля документов),
- возможность удаленного доступа с рабочих мест,
- ввод фотоизображения документа с использованием устройства ввода,
- выделение фотографии лица на изображении документа и распознавание находящейся на документе семантической информации,
- поиск в базе данных изображений лиц, наиболее похожих на лицо, изображенное на поступившем документе,
- извлечение изображения лица из базы данных по известной семантической информации документа и сопоставление его с фотографией на поступившем документе,
- накопление базы данных фотоизображений лиц, проходящих контроль.

В соответствии с приведенными требованиями был спроектирован экспериментальный программный комплекс, архитектура которого представлена на рисунке 8. Основными особенностями предложенной архитектуры и реализации являются клиент - серверная модель построения архитектуры, использование многопоточного режима обработки данных, а также реализация критических ко времени выполнения функций в виде расширенных хранимых процедур, исполняемых в процессе системы управления базами данных. В диссертации описан состав и назначение подсистем программного комплекса, определены интерфейсы взаимодействия между подсистемами (см. табл. 1) и обоснован выбор используемых системных средств.

Таблица 1. Интерфейсы взаимодействия между подсистемами

№ на рис.	Интерфейс взаимодействия
1	Протокол, функционирующий на базе Windows Sockets на TCP/IP
2	Интерфейсы соответствующих классов и процедур C++
3	Интерфейсы функций динамически подключаемых библиотек
4	Интерфейсы соответствующих компонентов, реализованные в рамках стандарта компонентной объектной модели (COM)
5	Интерфейс доступа к данным ADO (ActiveX Data Objects)
6	Интерфейс динамически подключаемых библиотек, созданных на основе Open Data Services API (ODS API)
7	Интерфейс драйверов устройства ввода

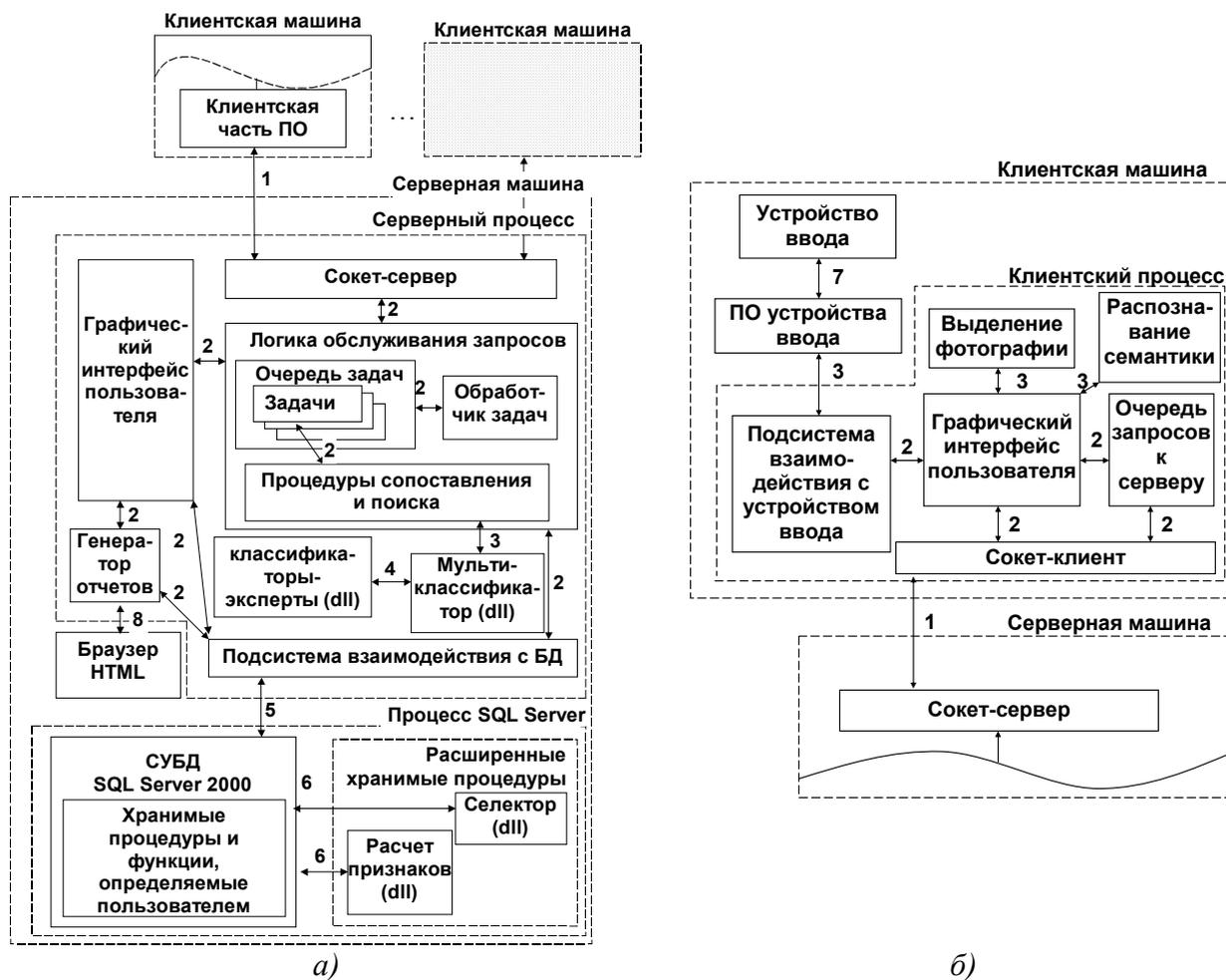


Рис. 8. Архитектура программного обеспечения информационной системы:
а) серверная часть, б) клиентская часть

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационной работы

1. Предложена математическая модель лица на документальном портретном изображении, разработан численный метод определения ее параметров, позволяющий с высокой точностью и скоростью определять информативную область изображения лица.
2. Разработан трехэтапный метод отбора информативных признаков, использование которого позволяет определять наиболее информативные признаки и субоптимальные пары «система признаков - классификатор» для поиска изображений.
3. Разработан двухэтапный численный метод поиска изображений в базе данных, позволяющий производить поиск с высокой скоростью и эффективностью (вероятность правильного результата поиска изображения в базе данных, содержащей 4800 изображений – не менее 0.91).
4. Разработан численный метод сопоставления изображений, обеспечивающий высокую надежность установления идентичности изображений (с вероятностью ошибок – менее 0.001).
5. Разработана архитектура и выполнена реализация экспериментального программного комплекса обработки и анализа документальных портретных изображений.

6. Выполнены экспериментальные исследования, подтвердившие работоспособность и эффективность разработанных численных методов, а также, в целом, информационной технологии обработки и анализа документальных портретных изображений, составленной из этих методов.

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:

в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией:

1. Гашников, М.В. Программная система для разработки алгоритмов обработки и анализа цифровых изображений [Текст] / Гашников М.В., Глумов Н.И., Мясников Е.В., Сергеев В.В., Чернов А.В., Чичева М.А. // Компьютерная оптика. – 2004. – № 26. – С. 112-114.
2. Глумов, Н.И. Метод отбора информативных признаков на цифровых изображениях [Текст] / Глумов Н.И., Мясников Е.В. // Компьютерная оптика. – 2007. – Том 31, №3. – С. 73-76.
3. Мясников, Е.В. Определение параметров геометрических трансформаций для совмещения портретных изображений [Текст] / Мясников Е.В. // Компьютерная оптика. – 2007. - Том 31, №3. - С. 77-82.
4. Chernov, A.V. Software tool system for digital image processing and analysis [Text] / Chernov A.V., Chicheva M.A., Gashnikov M.V., Glumov N.I., Myasnikov E.V., Sergeev V.V. // Pattern Recognition and Image Analysis – 2005. –Vol.15, No.2. – pp. 368-370.
5. Chernov, A.V. Program System for Distributed Image Processing [Text] / Chernov A.V., Myasnikov E.V., Myasnikov V.V., Sergeev V.V. // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2003. – Vol.13, No.2. – pp. 228-230.
6. Gashnikov, M. V. Software Environment for Simulating Algorithms for Image Analysis and Processing [Text] / Gashnikov M. V., Glumov N. I, Myasnikov E. V., Sergeev V. V., Chernov A. V., Chicheva M. A. // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2007. – Vol. 17, No. 2. – pp. 279-283.

в других изданиях:

7. Гашников, М.В. Инструментальная программная система обработки и анализа цифровых изображений [Текст] / Гашников М.В., Глумов Н.И., Мясников Е.В., Сергеев В.В., Чернов А.В., Чичева М.А. // 2-я летняя школа молодых ученых по дифракционной оптике и обработке изображений: Сборник тезисов докладов / Самарский государственный аэрокосмический университет – Самара, 2004. – С. 54-55.
8. Глумов, Н.И. Метод быстрой корреляции с использованием множества шаблонов в задачах анализа изображений [Текст] / Глумов Н.И., Копенков В.Н., Мясников Е.В., Чичева М.А. // Математические методы распознавания образов: 13-я Всероссийская конференция. Сборник докладов / М.: МАКС Пресс – г. Зеленогорск, 2007 г. – С. 559-562.
9. Глумов, Н.И. Программная система визуализации и анализа изображений [Текст] / Глумов Н.И., Копенков В.Н., Мясников Е.В., Сергеев А.В. // Сборник трудов всероссийского семинара по моделированию, дифракционной оптике и обработке изображений. – Самара, 2006. – С.17-20.
10. Мясников, Е.В. Нейросетевые алгоритмы кластеризации отсчетов цветных изображений [Текст] / Мясников Е.В. // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ-2006): труды научно-технической конференции с международным участием. Том 2 /

Самарский государственный аэрокосмический университет – Самара, 2006. – С.118-123.

11. Мясников, Е.В. Автоматизированная интеллектуальная система поиска изображений в базе данных [Текст] / Мясников Е.В., Солдатова О.П. // Тезисы докладов XXX Юбилейной самарской областной студенческой научной конференции. Часть I: Общественные, естественные и технические науки. / Департамент по делам молодежи Самарской области; Самарский областной совет по научной работе студентов – Самара, 2004. – С. 155.
12. Мясников, Е.В. Программная система распределенной обработки изображений [Текст] / Мясников Е.В., Мясников В.В., Сергеев В.В., Чернов А.В. // Труды VI международной конференции “Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии” (РОАИ-6-2002). Том 2. – Великий Новгород, 2002. – С.397-400.
13. Мясников, Е.В. Разработка метода навигации по коллекциям цифровых изображений [Текст] / Мясников Е.В. // Труды 9-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL’2007). – Переславль-Залесский, 2007. – С. 185-194.
14. Мясников, Е.В. Навигация по коллекциям цифровых изображений на основе методов автоматической классификации [Текст] / Мясников Е.В. // Интернет-Математика 2007: Сборник работ участников конкурса / Екатеринбург: Издательство Уральского Университета. – 2007. – С.144-152.
15. Chernov, A.V. Software system for development of algorithms for digital images processing and analysis [Text] / Chernov A.V., Chicheva M.A., Gashnikov M.V., Glumov N.I., Myasnikov E.V., Sergeev V.V. // Proceedings of the Second IASTED International Multi-Conference SOFTWARE ENGINEERING (ACIT-SE). – Russia, Novosibirsk, 2005. – pp. 139-142.
16. Chernov, A.V. Software tool system for digital image processing and analysis [Text] / Chernov A.V., Chicheva M.A., Gashnikov M.V., Glumov N.I., Myasnikov E.V., Sergeev V.V. // 7-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-7-2004). Conference Proceedings. Volume II. – St.Petersburg, 2004. – pp. 445-447.
17. Chicheva, M.A. Fast correlation method using pattern set in image analysis tasks [Text] / Chicheva M.A., Glumov N.I., Myasnikov E.V., Kopenkov V.N., // 8-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-8-2007). Conference Proceedings. Volume 2 – Yoshkar-Ola, 2007. – pp.93-96.
18. Chihonadskih, A.P. A person recognition program - researching system by a face facsimile on the documents [Text] / Chihonadskih A.P., Glumov N.I., Koryakin A.V., Myasnikov E.V., Sergeev V.V., Terent’eva I.Yu. // 8-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-8-2007). Conference Proceedings. Volume 1 – Yoshkar-Ola, 2007. – pp.254-257.
19. Myasnikov, E.V. Comparison of two methods for evaluation of portrait images misregistration parameters [Text] / Myasnikov E.V. // 8-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-8-2007). Conference Proceedings. Volume 2. – Yoshkar-Ola, 2007. – pp.322-325.

Подписано в печать 23.11.2007

Тираж 100 экз.

Отпечатано с готовых оригинал-макетов
СГАУ 443086, Самара, Московское шоссе, 34