

Аппроксимация век на изображении глаза полиномами второй степени

Баймаков В.А, Зубков А.С, Черненко Е.В.

(baymakov.va@phystech.edu, Aleksandr.Zubkov@frtk.ru, chernenkova.ev@phystech.edu)

Аннотация:

При решении задач аутентификации по радужной оболочке глаза возникают проблемы, связанные с размытостью изображения, наличием посторонних объектов на них и зашумлений. Для повышения точности определения радужной оболочки и, как следствие, повышения эффективности и точности процедуры аутентификации необходимо создать алгоритм, очищающий изображение от зашумлений. Данная статья посвящена описанию проекта по созданию алгоритма, детектирующего веки на глазу и аппроксимирующего их параболами, что позволяет увеличить качество изображения для дальнейшей обработки в рамках задачи аутентификации. Для оценки качества используется средняя ошибка аппроксимации. Полученная, с помощью подобранных коэффициентов парабол, ошибка не больше чем на 5% отличается от ошибки в "локально лучших моделях".

Введение

Целью данного исследования является повышение точности результатов задачи аутентификации по радужной оболочке глаза и получение зачёта за курс, в рамках которого пишется данная статья. Как известно, задача аутентификации была сформулирована и поставлена в настоящем виде ещё в двадцатом веке, также она имеет множество приложений в смежных областях исследований: криптография, математические методы моделирования и т.д. Предложение принципиально нового метода для её решения не является целесообразным, однако повышение точности алгоритма за счёт разработки некоторых её этапов является одним из основных направлений исследований в данной области в современном мире. Исследование базируется на работах, отражённых в списке литературы, с использованием методов градиентного преобразования, преобразования Радона и полиномиальной аппроксимации. Решение представляет из себя алгоритм, детектирующий веки на изображениях глаза и аппроксимирующий их полиномами второй степени. Эксперимент проводился на 2500 изображениях глаз, использовалась программа IrisMask для разметки изображений как эталонных и дальнейшей экспертизы качества работы алгоритма.

Постановка задачи

Рассматриваемый датасет

В данной задаче рассматривается датасет Occlusions, состоящий из более чем 2500 изображений глаз, удовлетворяющих следующим параметрам:

- радиус радужки не может более чем в 7 раз превосходить радиус зрачка
- радиус зрачка не может превосходить 3/4 радиуса радужки
- центр радужки лежит внутри зрачка
- длины двух отрезков, отсекаемых между внутренней и внешней границами радужки на прямой, проходящей через ее центр, не могут отличаться более чем в 2 раза.

Указанные параметры были получены из следующих соображений о структуре глаза человека. Внешний контур радужки (её граница со склерой) постоянен и имеет практически одинаковую форму и размеры для всех людей. Это почти идеальный эллипс, сжатый в вертикальном направлении, с отношением осей около 0.95. Внутренняя граница радужки задаётся зрачком. Зрачок приблизительно круглый (в среднем по популяции — почти идеальный круг). Индивидуальные отклонения по радиусу для 95% людей не превышают 5%, для 1% людей — превышают 10%. Центр зрачка смещён относительно центра радужки по направлению к кончику носа в среднем на 1/15 радиуса радужки.

Датасет был предоставлен Иваном Алексеевичем Матвеевым

Метрика

Средняя ошибка аппроксимации - среднее отклонение расчетных значений от фактических, полученных с помощью использования программы для разметки вручную IrisMask.

$$\bar{A} = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n} 100\%$$

Где y_x - расчетное значение по уравнению.

Значение средней ошибки аппроксимации до 10% свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения.

Обзор тематической модели (преобразование Радона)

Пусть $f(x,y)$ функция двух действительных переменных, определенная на всей плоскости и достаточно быстро убывающая на бесконечности (так, чтобы соответствующие несобственные интегралы сходились). Тогда преобразованием Радона функции $f(x,y)$ называется функция:

$$R(s, \alpha) = \int_{L=AA'} f(x, y) dL = \int_{-\infty}^{\infty} f(s \cos \alpha - z \sin \alpha, s \sin \alpha + z \cos \alpha) dz.$$

Преобразование Радона имеет простой геометрический смысл – это интеграл от функции $f(x,y)$ вдоль прямой AA' , перпендикулярной вектору $\vec{n} = (\cos \alpha, \sin \alpha)$ и проходящей на расстоянии s (измеренном вдоль вектора \vec{n} с соответствующим знаком) от начала координат

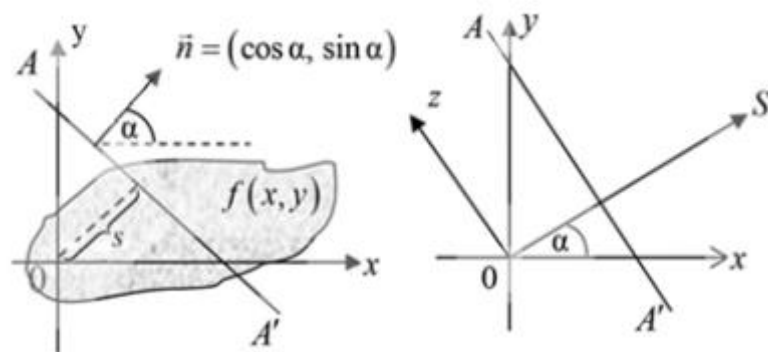


Рис. 1

Описание эксперимента:

Основные шаги алгоритма

1. Загрузка изображения
2. Получение поля производных

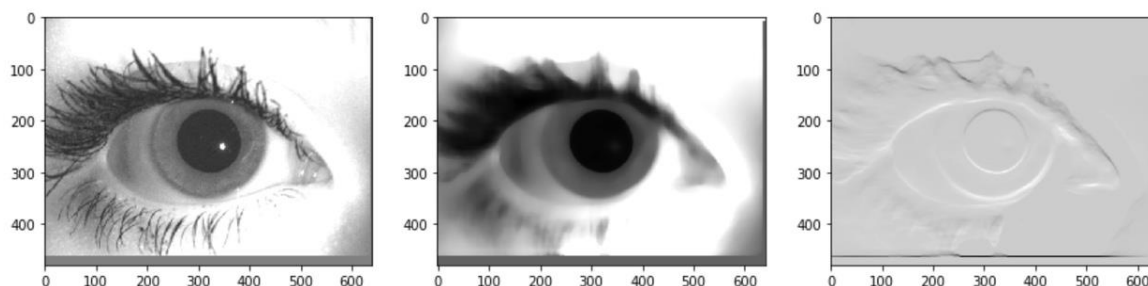


Рис 2

3. Применение медианного фильтра для удаления мелких градиентов цвета, особенно на ресницах возникает данный эффект.
4. Применение соболевского фильтра для выделения границ изображения.
5. Адаптивный трешхолд для создания маски, чтобы долго не подбирать порог для обычно трешхолда

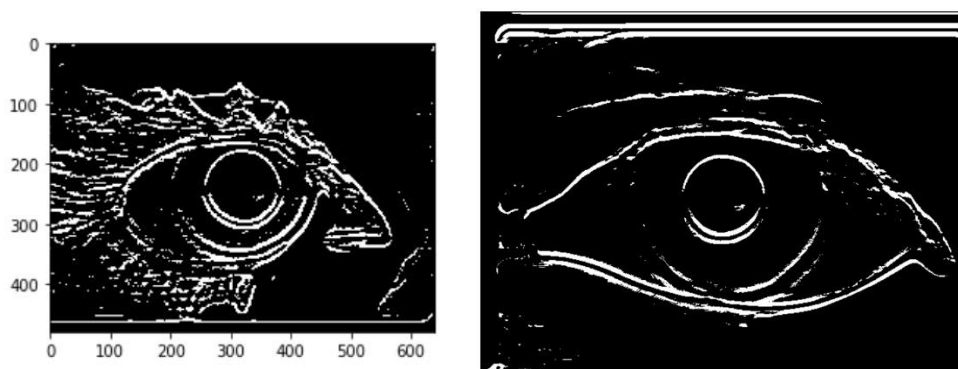


Рис. 3

6. Морфологические трансформации, для очистки маски и соединения соседних границ

7. Полиномиальное приближение по полученным точкам, стандартная функция из библиотеки numpy

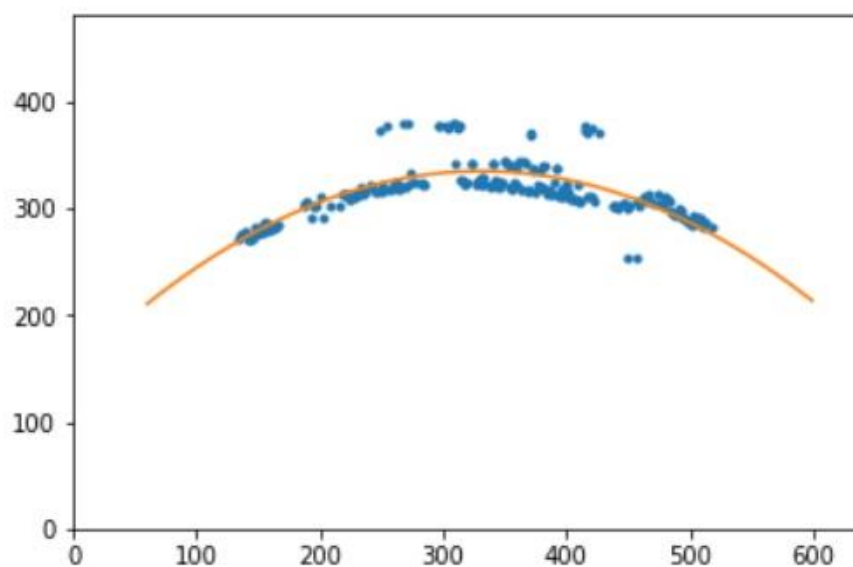


Рис. 4

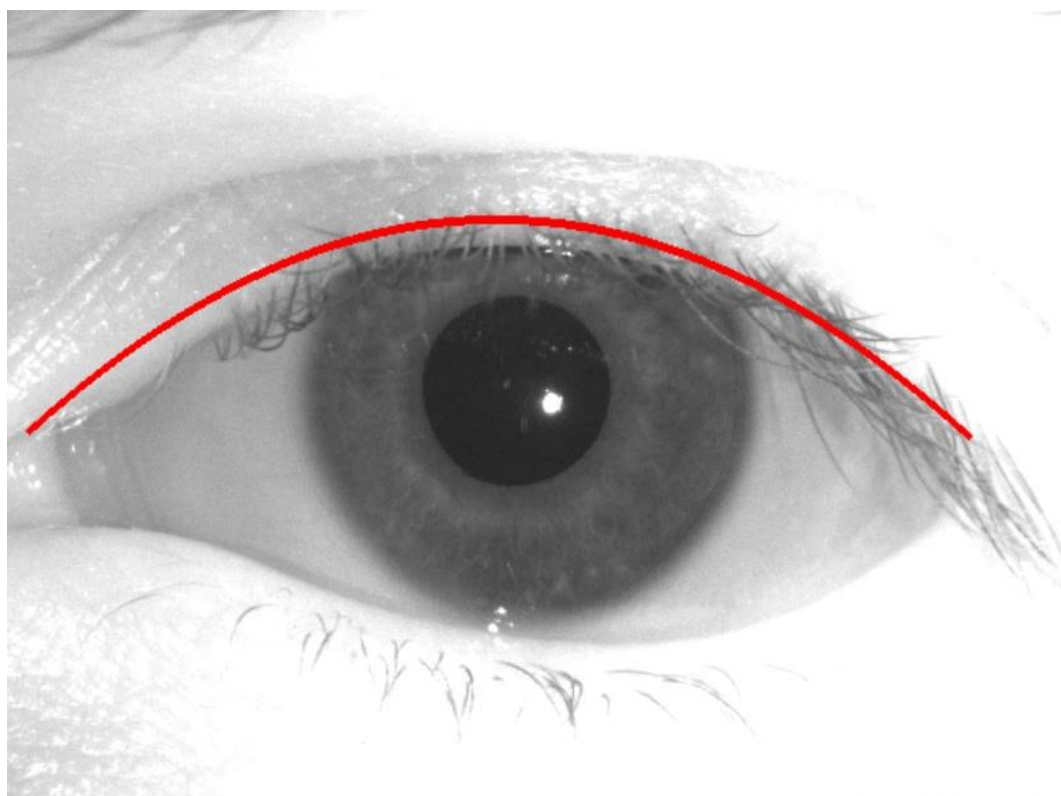


Рис. 5

8. Оценка точности модели по выбранному критерию

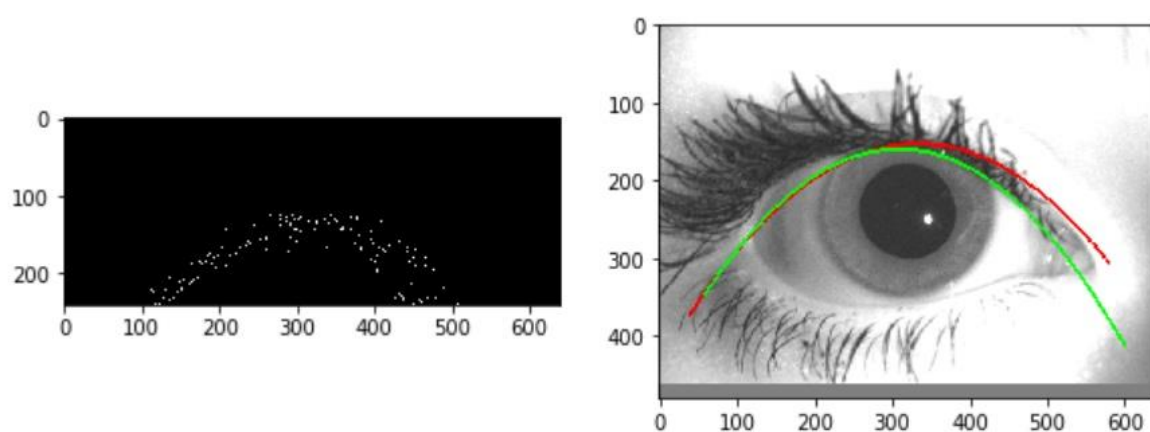


Рис. 6

Анализ ошибки

Оценка ошибки проводилась следующим образом: с помощью программы IrisMark были размечены порядка 200 изображений, составивших контрольную выборку. Именно на них проводилась оценка качества работы алгоритма по средней ошибке аппроксимации, то есть при минимальном значении данного критерия считалось, что алгоритм успешнее справляется со своей задачей.

В результате небольших изменений(+ Cross-validation) состава выборки, данный параметр колебался от 4.8% до 5.1%. Внесение данных изменений и отрисовка парабол на изображениях в сравнении с изначально размеченными позволили выделить следующие факторы, влияющие на качество работы алгоритма:

1. Качество ручной разметки изображения, то есть влияние человеческого фактора.
2. Лишние точки, оставшиеся после применения фильтров, внесли вклад в коэффициенты
3. Поворот глаза перпендикулярно плоскости изображения, таким образом, что по маске невозможно становилось убрать точки, полученные от ресниц, таким образом выделить область построения параболы.

Провести сравнительный анализ, выделяя данные факторы как признаки, в данном исследовании задачи не стояло. Однако можно выделить данный пункт как желательный для дальнейших работ в данном направлении.

Ошибка складывалась из:

1. Ошибка аппроксимации
2. Ошибка округления
3. Ошибка в результате влияния человеческого фактора
4. Ошибка метода

Из вышеперечисленного, существует возможность минимизации ошибки из пунктов 1, 3, 4. В дальнейшем, упор будет делаться именно на минимизацию ошибки метода, т.к. ошибка аппроксимации в результате этого

тоже заметно снизится, то есть будут подобраны более качественные точки для построения.

Результаты исследования:

1. Предложен алгоритм аппроксимации век полиномами второй степени
2. Создан тестовый скрипт и проведены вычислительные эксперименты по определению работоспособности выбранного метода с опорой на собранную базу изображений
3. Результаты вычислений показали высокую эффективность данного метода – отличие коэффициентов построенных полиномов от эталонных не более чем на 5%
4. Членами команды были получены знания в областях обработки изображений, программирования на python, написании отчётов о проделанной работе

Дальнейшее применение и развитие:

Как потенциальные перспективы продвижения данного исследования рассматриваются:

- Внедрение в систему аутентификации по радужной оболочке
- Проверка эффективности алгоритма на реальных данных
- Улучшение качества работы

При успешном прохождении соответствующих тестов данный алгоритм может быть внедрён в тестовом варианте в реальную систему аутентификации. После чего произведена оценка качества его работы в реальных условиях: искажение входных данных, наличие нескольких изображений при единичной аутентификации и т.д.

Качество работы алгоритма может быть улучшено за счёт:

- Введения дополнительных фильтров и экспериментальный подгон их гиперпараметров
- Улучшения входных данных по разметке изображения
- Внедрения умного алгоритма отбора точек для аппроксимации
- Рассмотрение при аппроксимации нескольких снимков глаза, сделанных через короткие промежутки времени и усреднение полученных результатов по каждому сету изображений одного глаза.
- Отбраковывание на ранних этапах снимков, где положение плоскости глаза сильно отличается от плоскости изображения. При наличии таких изображений снижается точность определения точек для аппроксимации, как следствие, на выходе имеем неправильно обрезанное изображение, непригодное для дальнейшей обработки.

Список литературы

- [1] И.А.Матвеев. Методы и алгоритмы автоматической обработки изображений радужной оболочки глаза. Москва, 2014.
- [2] HOG Navneet Dalal, Bill Triggs, 2005
- [3] Histograms of Oriented Gradients for Human Detection Navneet Dalal, Bill Triggs
- [4] Boosting algorithm: AdaBoost
- [5] Face Detection using LBP features Jo Chang-yeon CS 229 Final Project Report December 12, 2008