

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СШИВКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ РЕТИНОГРАФИИ ГЛАЗНОГО ДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА SURF

А. А. Третьяков, А. Ю. Андреева

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»,
г. Барнаул

Статья посвящена проектированию программного обеспечения для обработки цифровых снимков глазного дна. Разработанное программное обеспечение позволяет выполнять сшивку серий последовательных снимков в единое непрерывное изображение и выгрузку полученных снимков в файл.

Ключевые слова: цифровой снимок, SURF, сшивка изображений.

Офтальмоскопия – метод исследования глазного дна в основе которого лежит отражение лучей света от глазного дна. Говоря простым языком, это осмотр глаза изнутри. Исследование проводят с помощью специального прибора – офтальмоскопа. Врач направляет луч света (исходящий непосредственно из лампы прибора или отраженный от другого источника) в глаз пациента (через зрачок на сетчатку) и в определенных положениях рассматривает различные отделы глазного дна: диск зрительного нерва, макулу, сосуды сетчатки, периферию. Так же можно увидеть помутнения стекловидного тела и хрусталика. Офтальмоскопия входит в стандартный осмотр врача-офтальмолога и является одним из наиболее информативных методов определения состояния глаз.

Использование возможностей цифровой фотосъемки в офтальмологии началось уже давно, но необходимым было внутривенное введение флуоресцентных веществ, расширение зрачка и другие условия. Это влекло за собой ряд неудобств. Но настоящее время наука и техника сделали гигантский шаг вперед. Особое внимание заслуживает цифровая фотосъемка глазного дна с помощью цифровой фундус-камеры. Что это дает врачу? Во-первых, камера делает снимки в различных режимах. Во-вторых, врач не прилагает лишних усилий для рассмотрения глазного дна пациента, т.е. его возможности в правильной оценке состояния глазного дна возрастают. В-третьих, при выведении изображения на экран дисплея камеры или монитора ПК можно увидеть те отделы сетчат-

ки, которые нуждаются в пристальном внимании, и сделать дополнительные снимки, интересующие врача.

Цифровая фотосъемка глазного дна производится по схемам, представленным на рисунках 1 и 2.

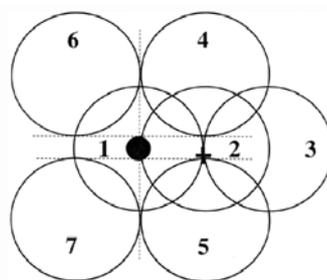


Рисунок 1 – Схема съемки глазного дна левого глаза.

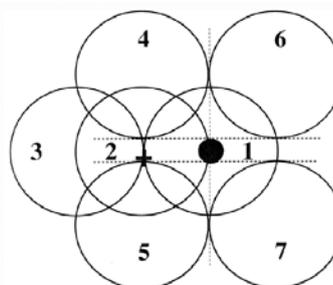


Рисунок 2 – Схема съемки глазного дна правого глаза.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СШИВКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ РЕТИНОГРАФИИ ГЛАЗНОГО ДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА SURF

После осуществления процесса съемки глазного дна, на выходе получаются серии снимков с разрешением 1920 на 1440 точек, хранящихся в формате JPEG. При объединении снимков, серия представляет собой единый снимок глазного дна, анализируя который, врач может определить различные заболевания и аномалии глаз. Две серии снимков не могут быть связаны друг с другом.

Цель работы — разработать программное обеспечение для сшивки серий снимков глазного дна, полученных с помощью цифровой фундус-камеры.

Для сшивки смежных снимков необходимо решить задачу сопоставления изображений. Существуют определенные методы для сравнения изображений, основанные на сопоставлении знаний об изображениях в целом. В общем случае для каждой точки изображения вычисляется значение определенной функции, на основании этих значений можно приписать изображению определенную характеристику, тогда задача сравнения изображений сводится к задаче сравнения таких характеристик.

В настоящее время существует ряд методик описания изображений по особым точкам, таких как SIFT (Scale Invariant Feature Transform), SURF (Speeded Up Robust Features) и RIFF (Rotation Invariant Fast Features). Среди перечисленных родственных методов, для реализации был выбран метод SURF, поскольку он является одним из самых эффективных и быстрых современных алгоритмов.

Для улучшения эффективности работы алгоритма SURF необходимо выполнить подготовку изображений (препарирование): удаление фона вокруг овального снимка глазного дна; нормализацию средней яркости серии снимков глазного дна; изменение контраста снимков из серии.

1) Удаление фона производится путем поиска пикселей с указанным цветом фона (с допустимым отклонением, равным 30) и замены найденных пикселей на прозрачные.

2) Нормализация средней яркости серии снимков производится в несколько этапов:

Сначала вычисляется средняя яркость каждого снимка из серии по формуле:

$$Y_{cp_i} = \frac{\sum_{x=1}^{h_i} \sum_{y=1}^{w_i} Y_{x,y}}{h_i * w_i} \quad (1)$$

где i – номер изображения ($1 \leq i \leq 7$), h_i – высота i -го изображения, w_i – ширина i -го

изображения, $Y_{x,y}$ – яркость пикселя изображения ($0 \leq x \leq h_i, 0 \leq y \leq w_i$).

Далее, вычисляется средняя яркость серии снимков по формуле:

$$Y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^7 Y_{cp_i}}{7} \quad (2)$$

где Y_{cp_i} – средняя яркость i -го снимка.

И, наконец, изменяется яркость снимков серии по формуле:

$$Y_{x,y} = Y_{x,y} - (Y_{cp_i} - Y_{cp}) \quad (3)$$

где $Y_{x,y}$ – яркость пикселя изображения, Y_{cp_i} – средняя яркость i -го снимка, Y_{cp} – средняя яркость серии снимков.

3) Производится изменение контраста снимков серии по формуле:

$$Y_{x,y} = k * (Y_{x,y} - Y_{cp_i}) + Y_{cp_i} \quad (4)$$

где $Y_{x,y}$ – яркость пикселя изображения, Y_{cp_i} – средняя яркость i -го снимка, k – коэффициент контраста.

SURF решает две задачи – поиск особых точек изображения и создание их дескрипторов, инвариантных к масштабу и вращению. Это значит, что описание особой точки будет одинаково, даже если образец изменит размер и будет повернут. [1] Для их эффективного вычисления используется интегральное представление изображений. Интегральное представление изображения рассчитывается по следующей формуле:

$$S(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} Y(i, j) \quad (5)$$

где $Y(i, j)$ – яркость пикселя исходного изображения, x – высота изображения, y – ширина изображения.

Обнаружение особых точек в SURF основано на вычислении детерминанта матрицы Гессе (гессиана):

$$\det(H_{грибл}) = D_{xx} D_{yy} - D_{xy}^2 \quad (6)$$

где D_{xx} , D_{yy} , D_{xy} – свертки по фильтрам.

Использование Гессиана обеспечивает инвариантность относительно преобразования типа "поворот", но не инвариантность относительно изменения масштаба. Поэтому SURF применяет фильтры разного масштаба для вычисления Гессиана.

Детерминант матрицы Гессе достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Поэтому SURF пробегается фильтром с Гауссовым ядром по всему изображению и находит точки, в которых достигается максимальное значение детерминанта матрицы Гессе. Отметим, что такой проход выделяет как темные пятна на белом фоне, так и светлые пятна на темном фоне.

Далее для каждой найденной особой точки вычисляется дескриптор - массив из 64 чисел с плавающей точкой, позволяющих однозначно идентифицировать особую точку. Вычисление дескриптора производится с использованием вейвлетов Хаара. [2]

После нахождения особых точек и их дескрипторов можно решать задачу сшивки изображений на основе соответствующих друг другу особых точек. Сначала серии снимков расставляются в соответствии со схемами, представленными на рисунках 1 и 2. После этого необходимо произвести коррекцию расположения снимков с помощью особых точек.

Для определения взаимного соответствия между особыми точками смежных снимков необходимо произвести сравнение их дескрипторов. В качестве меры было взято евклидово расстояние между векторами:

$$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^{64} (x_k - y_k)^2} \quad (4)$$

где $x=(x_1, x_2, \dots, x_{64})$ и $y=(y_1, y_2, \dots, y_{64})$ – дескрипторы особых точек.

Для каждой особой точки одного изображения по минимуму евклидова расстояния находится соответствующая ей особая точка другого изображения.

По разнице координат по осям X и Y находится смещение одного изображения относительно другого. Если соответствующие друг другу особые точки смежных изображений не были найдены, то снимки остаются на местах, указанных в соответствии со схемами. Склеивая таким образом серию фотографий, мы получаем единое изображение глазного дна.

Таким образом, было разработано программное обеспечение для осуществления автоматической сшивки последовательных кадров в единое изображение с компенсацией смещения сцены. Полученные изображения могут быть сохранены на электронный носитель в виде изображения формата JPEG.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Herbert B. SURF: Speeded Up Robust Features / B. Herbert, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool // Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol. 110, No. 3, 2008, pp. 346-359.
2. Э. Столниц, Т. ДеРоуз, Д. Салезин. Вейвлеты в компьютерной графике. Теория и приложения. Пер. с англ. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая статистика», 2002. 272 с.

Андреева Ангелина Юрьевна – к.ф.-м.н., доцент, тел.: (3852) 29-07-22, e-mail: ang12345@mail.ru; Третьяков Алексей Андреевич – магистрант.