

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математического анализа

ЗАДАЧА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 219 группы
направления 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
Механико-математического факультета
Банникова Романа Викторовича

Научный руководитель
ассистент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Г. С. Бердников

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой
профессор, д.ф-м.н

уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Д.В. Прохоров

инициалы, фамилия

Саратов 2017

Введение. С 20 мая 2017 г. по 07 июня 2017 г. была пройдена преддипломная практика на базе кафедры математического анализа механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Целью преддипломной практики являлись:

- Осуществление программной реализации на языке *CSharp* задачи регистрации изображений;
- Проведение вычислительных экспериментов, отладка программы и доведение ее до рабочего состояния;
- Выполнение заключительной части работ по оформлению проекта выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

Компьютерная обработка и распознавание изображений представляет собой быстро развивающуюся самостоятельную дисциплину.

Изображение можно определить как двумерную функцию $f(x, y)$, где x и y - координаты в пространстве, и значение f которой в любой точке, задаваемой парой координат (x, y) , называется интенсивностью или уровнем серого изображения в этой точке. Если величины x, y и f принимают конечное число дискретных значений, то говорят о цифровом изображении.

Компьютерная обработка изображений предполагает обработку цифровых изображений с помощью компьютеров и специализированных устройств, построенных на цифровых сигнальных процессорах.

Заметим, что цифровое изображение состоит из конечного числа элементов, каждый из которых расположен в конкретном месте и принимает определенное значение. Эти элементы называются элементами изображения или пикселями.

Области применения цифровой обработки в настоящее время значительно расширяются, вытесняя аналоговые методы обработки сигналов изображений. Методы цифровой обработки широко применяются в промышленности, искусстве, медицине, космосе. Они применяются при управлении процессами, автоматизации обнаружения и сопровождения объектов, распознавание образов и во многих других приложениях. Цифровая передача изображений с космических аппаратов, цифровые передачи сигналов изображений требуют обеспечения передачи все больших потоков информации. Если при передаче цифрового сигнала цветного телевидения необходимо передавать потоки порядка 216 Мбит/с, то для передачи телевидения высокой четкости скорость передачи должна составлять порядка 1 Гбит/с. Сегодня в медицинской технике широко применяются системы формирования изображения, его преобразования в цифровую форму, визуализация и документирование

путем введения в компьютер изображений с помощью специализированных устройств захвата видео. Автоматический анализ в системе дистанционного наблюдения широко применяется при анализе местности, в лесном хозяйстве, например, для автоматического подсчета площади вырубки, при разведке, в системах противопожарной безопасности. Контроль качества производимой продукции выполняется благодаря автоматическим методам анализа сцен. Компьютерная обработка изображений применяется в задачах экспертизы живописи неразрушающими методами. Для восстановления старых фильмов применяются методы автоматической компенсации дефектов видеоматериала, полученного после преобразования киноизображения в видео.

Сегодня трудно представить область деятельности, в которой можно обойтись без компьютерной обработки изображений.

При компьютерной обработке изображений решается широкий круг задач, таких как:

- Улучшение изображения:

Данный метод входит в число наиболее простых и впечатляющих областей цифровой обработки изображения. По существу, за методами улучшения изображений стоит идея выявления плохо различимых деталей или просто подчеркивания интересующих характеристик на исходном изображении, т.е. улучшение субъективного качества изображения. Известным примером улучшения является усиление контраста изображения.

- Обработка цветных изображений:

Этот метод приобрел особую важность в связи со значительным расширением использования цветных изображений в Интернете. Представляет собой обобщение других методов для многоканального изображения.

- Сжатие:

Как следует из самого названия, относится к методам уменьшения объема памяти, необходимого для хранения изображения, или сужения полосы пропускания канала, требуемой для его передачи.

- Морфологическая обработка:

Такая обработка связана с инструментами для извлечения таких компонент изображения, которые могут быть полезны для представления и описания формы.

- Сегментация:

Она разделяет изображение на составные части или объекты. В целом автоматическая сегментация принадлежит к числу самых трудных задач цифровой обработки изображений.

- Представление и описание:

Почти всегда следуют непосредственно за этапом сегментации, на выходе которого обычно имеются лишь необработанные данные о пикселях, которые либо образуют границу области (т.е. дается множество пикселей, отделяющих одну область изображения от другой), либо представляют все точки самих областей. В обоих случаях необходимо преобразовать данные в форму, пригодную для компьютерной обработки.

- Распознавание:

Представляет собой процесс, который присваивает некоторому объекту идентификатор (например, "транспортное средство") на основании его описателей.

- Регистрация изображения:

В данной работе рассматривается задача регистрации изображений. Это одна из фундаментальных задач в обработке изображений. Задача о регистрации изображений является нахождением наилучшего геометрического преобразования между соответствующими изображениями. Эта задача часто встречается во многих прикладных задачах пространств как, к примеру, астро- и геофизики, компьютерном изображении и медицине.

Магистерская работа состоит из 4 глав:

- Дискретизация и квантование изображения
- Цветовые модели
- Задача регистрации
- Численное решение задачи регистрации

Задача регистрации. Регистрация изображений является одной из фундаментальных задач в обработке изображений. В этой задаче находится наилучшее геометрическое преобразование между соответствующими изображениями. Задачу регистрации изображений можно сформулировать в следующей общей форме: заданы изображение-ссылка (R) и изображение-шаблон (T), требуется вычислить такое подходящее преобразование, чтобы изображение-шаблон стало похоже на изображение-ссылку. С одной стороны, эта задача является легкой в построении, но с другой стороны, она сложная в решении. В задаче присутствует особенность и она состоит в том, что мелкие изменения во входном изображении могут повлечь совершенно различные регистрационные результаты. Более того, решение может быть не единственным.

Основная идея состоит в определении преобразования, таком, что для конечного числа особенностей, любая особенность изображения-шаблона отображается на соответствующую особенность изображения-ссылки.

Типичными особенностями, например, являются «жесткие» или «мягкие» опорные точки на изображениях. Опорной точкой обычно называют местоположение выделяющейся точки на изображении (т.е. кончик пальца или точка максимального изгиба). Жесткими точками называются отправные метки, которые располагают перед снятием изображения в определенных позициях. Обычно, позиции этих точек выводятся для изображений с высокой точностью. Однако, этот тип точек может быть неудобным в медицинских приложениях. А мягкие опорные точки наносятся на сами изображения. Расположение точек может требовать специальных знаний и/или сложно устроенных инструментов анализа изображения для структурной регистрации.

Допустим $F(R, j)$ и $F(T, j)$ обозначают j -ю особенность в изображении-ссылки R и изображении-шаблона T , соответственно, $j = 1, \dots, m$, где $m \in \mathbb{N}$ обозначают числовые характеристики. Задачу регистрации в этом случае можно сформулировать так:

Задача 1

Предположим $m \in \mathbb{N}$ и особенности $F(R, j)$ и $F(T, j)$, $j = 1, \dots, m$, являются заданными. Найдем преобразование $\phi : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}^d$, такое что

$$F(R, j) = \phi(F(T, j)), j = 1, \dots, m. \quad (1)$$

Как мы увидим впоследствии, интерполяционная задача 1 может также быть заменена следующей задачей аппроксимации 2. Для удобства и дальнейшего употребления, мы определим следующую норму:

$$D^{LM}[\phi] = \sum_{j=1}^m \|F(R, j) - \phi(F(T, j))\|_f^2, \quad (2)$$

где $\|\cdot\|_f$ обозначает норму в пространстве характеристик, т.е. $\|\cdot\|_f = \|\cdot\|_{R^d}$, если особенности являются локальными точками; D^{LM} называется метрикой отличия и показывает на сколько одно изображение отличается от другого.

Задача 2

Предположим D^{LM} как в равенстве 2. Найдем преобразование $\phi : R^d \rightarrow R^d$, такое что $D^{LM}[\phi] = \min$.

Допустим, что искомым преобразованием является элемент, как правило, конечномерного пространства, например пространства многочленов заданной степени, сплайнов, вейвлетов или элемент конечномерного пространства функций, гладких в определенном смысле.

Пусть

$$F(R, j) = x^{R,j}, F(T, j) = x^{T,j}, j = 1, \dots, m, m \in N$$

Используя евклидову норму в равенстве 2, мы получаем

$$D^{LM}[\phi] = \sum_{j=1}^m \|x^{R,j} - \phi(x^{T,j})\|_{R^d}^2. \quad (3)$$

Для первого шага, мы представляем преобразование $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_d)^T$ в терминах некоторого базиса функций ψ_k , т.е. с некоторыми коэффициентами $\alpha_{l,k}$ и мы имеем

$$\phi = \sum_{k=1}^n \alpha_{l,k} \psi_k, \quad (4)$$

где

$$l, k \in R, \psi_k : R^d \rightarrow R, n \in N.$$

В виде (4), задача 2 может быть переписана следующим образом:

Задача 3

Найдем параметры $\alpha_{l,k} \in R, k = 1, \dots, n, l = 1, \dots, d$ такие что $D^{LM}[\phi] = \min$, где D^{LM} получаем из (3) и $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_d)^T$ получаем из (4).

Вычисление дает

$$\begin{aligned} D^{LM}[\phi] &= \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^d (x_l^{R,j} - \sum_{k=1}^n \psi_k(x^{T,j}))^2 = \\ &= \sum_{l=1}^d \|yl - \psi\alpha_l\|_{R^d}^2, \end{aligned}$$

где $l = 1, \dots, d$,

$$\begin{aligned} yl &= (x_l^{R,1}, \dots, x_l^{R,m})^T \in R^m, \\ \psi &= (\psi_k(x^{T,j})) \\ \alpha_l &= (\alpha_{l,1}, \dots, \alpha_{l,n})^T \in R^d. \end{aligned}$$

Оптимальные параметры могут быть получены путем решения системы из d уравнений, где матрица Ψ не зависит от l .

Предполагая, что Ψ имеет полный ранг, $\text{rang}(\Psi) = n$, то решение Задачи 3 является единственным. Численное решение может быть получено с помощью QR -разложения Ψ .

Если, в частности, $\|yl - \Psi\alpha_l\|_R^d = 0$ для всех $l = 1, \dots, d$, то мы имеем соответствие между опорными точками в ссылке- и шаблоне-изображений один-к-одному.

В магистерской работе будем считать все пиксели опорными точками. Следовательно, можно сформулировать задачу в соответствующих терминах:

Задача 4

Найдем параметр $\bar{a} \in R$, такой что $D^{LM}[\phi] \rightarrow \min$, где

$$\begin{aligned} D^{LM}[\phi] &= \sum_{(x,y)=(\xi,\eta)} |(R(x,y) - T(\phi(\bar{a}, x', y')))|^2 \\ (\xi, \eta) &= \phi(x', y'), \xi = \overline{0, M-1}, \eta = \overline{0, N-1} \end{aligned}$$

N, M - разрешение изображения.

В качестве преобразования ϕ будем использовать аффинное преобразование:

$$\begin{cases} x' = a_1 * x + b_1 * y + c_1; \\ y' = a_2 * x + b_2 * y + c_2. \end{cases}$$

Таким образом: $\bar{a} = (a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2)$.

Для того чтобы решить задачу $D^{LM}[\phi] \rightarrow \min$ будем использовать метод оптимизации - градиентный спуск, который описан в Главе 3 в пункте 3.4. Когда мы получаем координаты (x', y') , используя аффинное преобразование, то для того чтобы получить целые координаты используется билинейная интерполяция, которая описана в Главе 3 в пункте 3.6.

Заключение. В данной работе реализована программа на языке *CSharp*, которая вычисляет параметры аффинного преобразования, с помощью которых изображение-шаблон (T) может быть преобразовано к изображению-ссылке (R).

Далее представлен один из численных экспериментов результата выполнения программы:

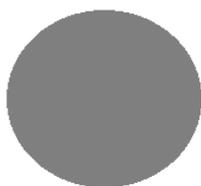


Рис. 1. Изображение-ссылка



Рис. 2. Изображение-шаблон

На каждом десятом шаге получаем следующие результаты:



Рис. 3.



Рис. 4.

Были получены параметры результирующего аффинного преобразования:

$$a1 : 1,3943$$

$$b1 : -0,44465$$

$$c1 : 0,00018$$

$$a2 : 0,25053$$

$$b2 : 0,74278$$

$$c2 : 0,00909$$