

XXI Международная конференция
«Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT-2021)

Доклад

Метод автоматического синтеза панорамных изображений

Авторы: Серебряная Лия Валентиновна – к.т.н., доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;
Простаков Андрей Игоревич – выпускник кафедры программного обеспечения информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа посвящена автоматическому построению панорамных изображений, которые синтезируются в результате объединения нескольких исходных изображений (сегментов).



Рисунок 1. – Объединение сегментов в панораму

Процесс построения панорам состоит из трех этапов:

- Регистрации – анализа исходных сегментов панорамы;
- Калибровки – соотнесения сегментов друг с другом;
- Сочетания – объединения сегментов в одно изображение и ликвидации признаков выполненной процедуры.

ОСОБЫЕ ТОЧКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Обработка изображений выполняется на основе их локальных особенностей, которые связаны с особыми или характерными точками. Необходимым свойством особых точек является их стойкость к преобразованиям. На рисунке 2 показаны изображения с выделенными на них особыми точками.

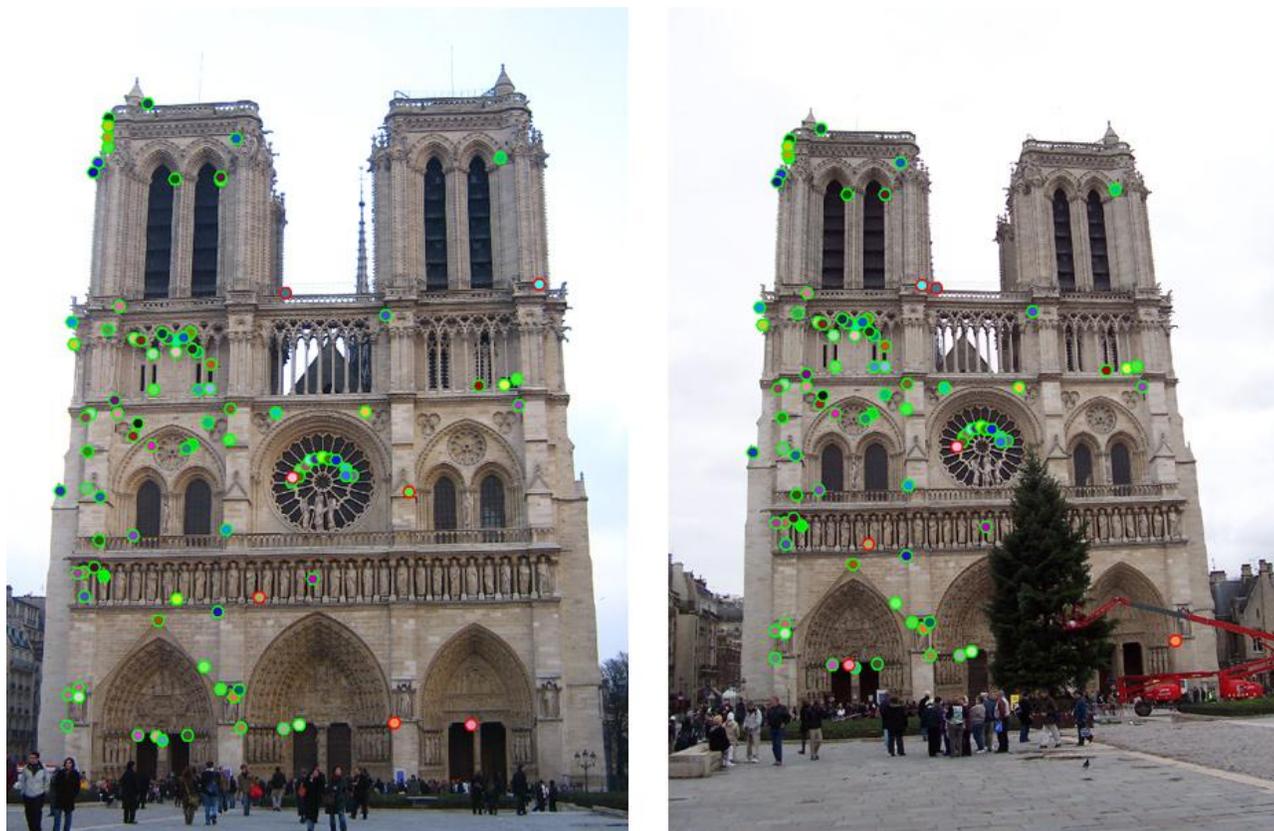


Рисунок 2 – Совпадение особых точек на различных изображениях

ПОИСК ОСОБЫХ ТОЧЕК МЕТОДОМ SIFT

SIFT способен точно идентифицировать объекты в сложных ситуациях.

Метод SIFT инвариантен к вращению и масштабированию, частично – к аффинным преобразованиям и смене освещения.

Особые точки определяются путем построения пирамиды масштабов для каждого изображения и нахождения локальных экстремумов интенсивности их пикселей.

Математическая модель метода представляется в виде фильтра Гаусса и имеет следующий вид

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}},$$

где x и y – координаты текущего пикселя относительно сглаживаемого (ядра размытия);

σ - коэффициент стандартного отклонения. Из значений функции $G(x,y)$ образуется матрица свертки, налагаемая на окрестность изменяемого пикселя:

$$I(x, y) = \sum_{dx, dy} I(x + dx, y + dy) * G(dx, dy).$$

НАХОЖДЕНИЕ ОСОБЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ SIFT

На основе исходного изображения строится пирамида гауссианов, а затем – пирамида разностей гауссианов (DoG, Difference of Gaussian). Это изображение, к которому применен сглаживающий фильтр Гаусса.

Пирамида состоит из октав, каждая определяется по некоторому значению масштаба.

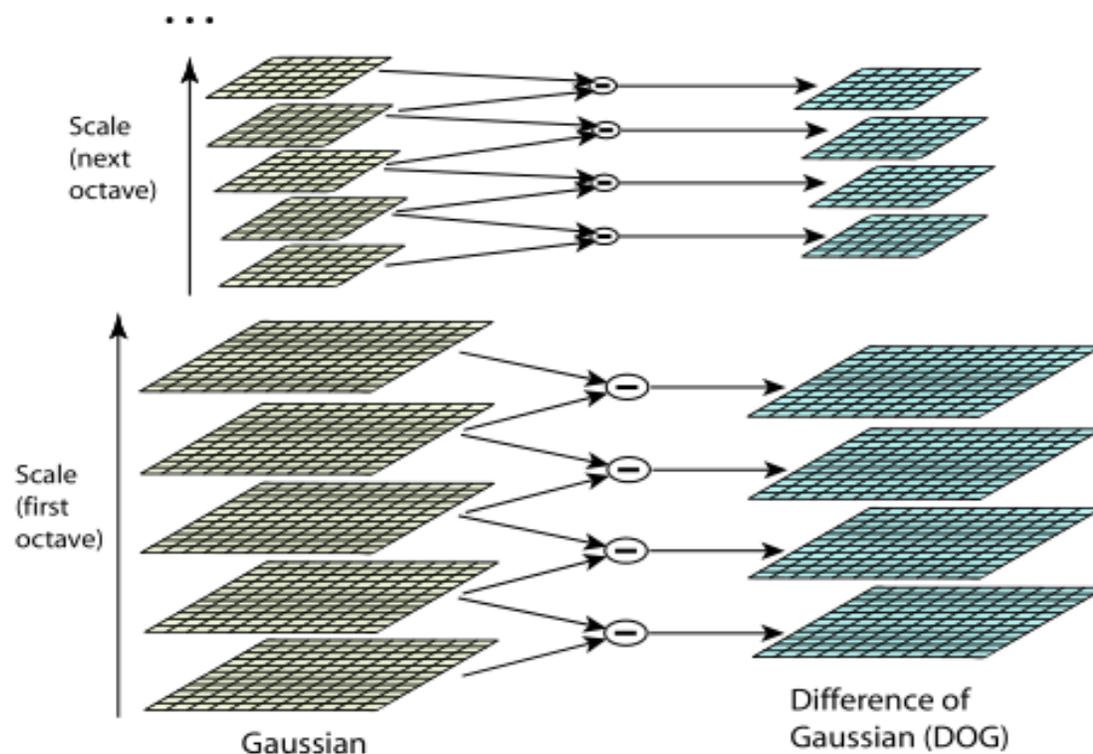


Рисунок 3. – Пирамида гауссианов и пирамида их разностей

ДЕСКРИПТОР ОСОБОЙ ТОЧКИ

Для построения дескриптора необходима операция по вычислению компонентов градиента произвольной точки:

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2}$$

$$\theta(x, y) = \operatorname{tg}^{-1} \frac{L(x+1, y) - L(x-1, y)}{L(x, y+1) - L(x, y-1)},$$

где $L(x, y)$ – значение гауссиана с фиксированным значением σ ,
 m - величина градиента; θ - его направление.

После того, как получен набор особых точек для исходных сегментов, необходимо соотнести их между собой оптимальным образом. Для этого используется алгоритм RANSAC. Результат работы RANSAC – достоверный оператор преобразования координат, определяющий положение одного сегмента панорамы относительно другого.

ОБЪЕДИНЕНИЕ СЕГМЕНТОВ НА ПАНОРАМЕ

Когда все сегменты расположены на панораме, необходимо их объединить в целое изображение. В ходе выполнения соответствующих действий на панораме могут появиться дефекты. Наиболее распространенные из них: заметные швы, нечеткость, размытость изображений. Большая часть дефектов ликвидируется с помощью медианного пространственного фильтра.



Рисунок 4 – Видимые дефекты при построении панорамы из сегментов

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПАНОРАМ



ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА РЕГИСТРАЦИИ СЕГМЕНТОВ, ОСНОВАННОГО НА АККУМУЛИРУЮЩЕМ ПОДХОДЕ

1. Связи между изображениями представляют собой не линейную цепь, а структуру данных типа «дерево». Регистрация сегментов осуществляется рекурсивно, начиная с корня дерева, и далее по всем его потомкам.
2. Ошибка при вычислении расположения каждого сегмента зависит не от всех вышерасположенных элементов, а только от стоящих на пути от корня дерева к нему. Ошибка напрямую зависит от схожести сегментов.
3. Корнем дерева выбирается тот сегмент, который характеризуется наибольшей степенью схожести с другими сегментами.
4. Для каждого полученного элемента второго уровня иерархии выполняется та же операция, что и для корня – поиск и присоединение ближайших сегментов.
5. Процесс построения дерева продолжается до тех пор, пока имеются незарегистрированные сегменты для добавления в иерархию.

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА СРАВНЕНИЯ СЕГМЕНТОВ ПАНОРАМЫ

1. Каждый сегмент панорамы задается конечным множеством особых точек, которые находятся с помощью метода SIFT.
2. По этим точкам определяются локальные особенности каждого изображения. Если сегменты имеют схожие особенности, значит на них присутствуют одинаковые или схожие объекты. Следовательно, делается вывод о схожести самих сегментов.
3. В ходе попарного сравнения всех сегментов для каждой точки одного из них находится наиболее схожая с ней точка на другом изображении методом поиска ближайшего соседа.
4. Все пары «соседей» запоминаются и сортируются по величине расстояния между собой. Метрика расстояния между точками выбрана таким образом, чтобы пары, описывающие один объект на двух изображениях, имели минимальное расстояние.
5. Все результаты метода SIFT сохраняются для дальнейшего использования в процедуре генерации панорамы.

ВИД ОКНА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Все изображения должны быть связаны между собой перекрывающимися областями. Если используемые изображения – фотографии, то они должны иметь как можно более близкие значения баланса белого цвета. В идеальном случае – это фотографии объектов, сделанные из одной точки, так минимизируются искажения.

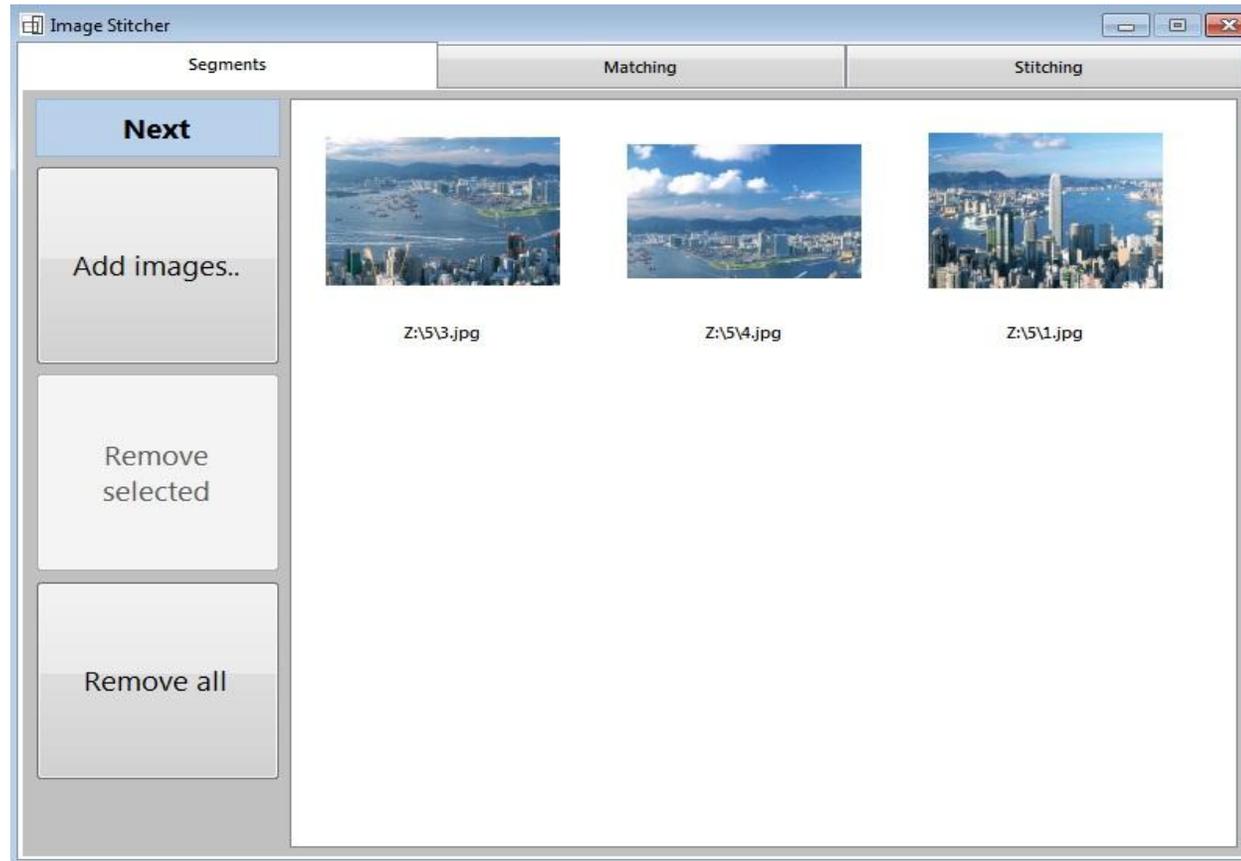


Рисунок 5 – Окно программного средства после загрузки нескольких файлов с изображениями

РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА, СИНТЕЗИРУЮЩЕГО ПАНОРАМНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ



Рисунок 6. – Отдельные изображения для построения панорам



Рисунок 7. – Синтезированное изображение

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ