

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ СОВМЕЩЕНИЯ КАДРОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОЛНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

С.М. Аваков<sup>1</sup>, В.В. Воронов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «КБТЭМ-ОМО» ГНПО точного машиностроения «Планар»,  
Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Объединенный институт  
проблем информатики НАН Беларуси»,  
Минск, Беларусь

*В работе предложен приближенный алгоритм для формирования полного изображения по совокупности растровых кадров изображений. Алгоритм основан на использовании специальных эвристик, что обеспечивает совмещение областей перекрытия без использования реперных точек.*

### Введение

Большие изображения, как правило, представляются совокупностью кадров с некоторым перекрытием соседних кадров. Задача формирования полного изображения по совокупности кадров получила название сшивки кадров. Если сшиваемые кадры имеют общие точки кадров (реперные метки либо некоторые другие опорные точки), то задача сшивки сводится к пересчету координат кадров в единую систему координат [1]. При этом, если реперами являются области, вначале находится положение, при котором сумма норм ошибок для выбранных  $K$  меток минимизируется:

$$M = \operatorname{argmin}_{m,n} \sum_{i=1}^K \|X_i - Y_i(m,n)\|, \quad (1)$$

где векторы  $X_i$  и  $Y_i$  представляют соответствующие  $i$ -е выбранные области кадров.

В ряде технических приложений совмещаемые кадры не имеют выделенных опорных точек, а известны лишь среднее значение перекрытия и некоторое допустимое отклонение от заданного значения. Примером таких изображений могут служить изображения, формируемые автономными роботами или БЛА. В этом случае сшивка кадров изображений основана на анализе информации в областях перекрытия соседних кадров и определении степени различия перекрывающихся областей или их сходства, которые бы с максимально возможной точностью и достоверностью позволяли локализовать фрагмент.

Мера сходства может быть определена через функцию расстояния: считается, что пиксели схожи, если  $d(p_1, p_2) \leq \lambda$ , где  $\lambda$  – некоторый установленный порог. Если в качестве меры различия в некотором пикселе  $(k, l)$  будем брать среднеквадратичную ошибку

$$\varepsilon^2(k,l) = \sum_x \sum_y [p_1(x,y) - p_2(x+k,y+l)]^2, \quad (2)$$

которая минимизируется перебором всех допускаемых сдвигов эталона по заданной области снимка. Считается, что в точке экстремума реализуется сходство, если  $\varepsilon^2(k,l) \leq \lambda$ , где  $\lambda$  – некоторый установленный порог.

Корреляционный подход характеризуется большой вычислительной сложностью, поэтому используются специальные преобразования, чтобы ускорить вычисления корреляции. Широко используется при построении наилучшего совмещения перекрывающихся областей способ, когда выбираются некоторые общие области, которые существенно меньше, чем заданные совмещаемые области. В докладе предлагается быстрый алгоритм такого типа, который состоит из двух шагов: корреляционный поиск ключевых точек и вычисление их дескрипторов; поиск положения кадров, минимизирующего корреляционную функцию совмещения по выделенным ключевым точкам.

## 1. Поиск ключевых точек

Для поиска ключевых точек были протестированы следующие алгоритмы поиска ключевых точек и описания дескрипторов: SIFT, SURF и ORB. Тестирование проводилось на следующих данных: размер кадра 640x480 пикселей, размер области перекрытия 46x28, число кадров 3542, общее число перекрытий 3234, размер одного изображения 455 Мб, число изображений 7 (общий размер данных 3185 Мб). В результате выбран алгоритм SIFT [2], который показал 96 % ошибок поиска ключевых точек (два других алгоритма 79 % и 76 % соответственно).

Оптимизация поиска выполняется на основании следующих ограничений:

1. Поиск смещений кадров ведется только в области перекрытия данных кадров и небольшой окрестности области перекрытия (размер окрестности меньше размера области перекрытия).

2. Искомый шаблон не имеет искажений геометрических характеристик на изображениях кадров.

## 2. Алгоритм сшивки

С учетом данных ограничений алгоритм сшивки кадров может быть расширен с использованием метода скользящего просмотра. Идея метода основана на поиске максимума корреляции имеющегося шаблона на заданной области поиска (рис. 1). При этом осуществляется последовательное сопоставление имеющегося образца с изображением в каждой точке.

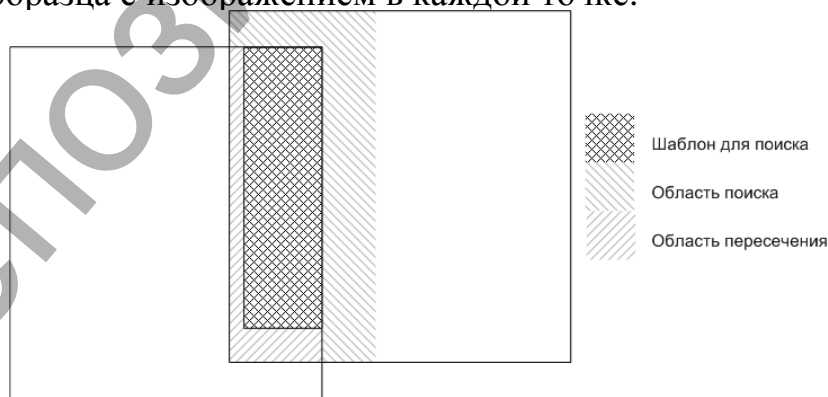


Рисунок 1 – Схема расположения области поиска и шаблона поиска для двух кадров изображения

Отсюда первый этап алгоритма будет следующим для всех соседних изображений кадров в области перекрытия:

1. Вычисление максимума корреляции в области перекрытия двух кадров.
2. Если найден единственный максимум, то переход п.б

3. Выполняется поиск ключевых точек и вычисление их дескрипторов.
4. Выделяются соответствующие друг другу ключевые точки.
5. Выделяется поднабор точек максимального размера с одинаковыми параметрами смещений, оставшиеся точки отбрасываются как ложные.
6. Вычисляются смещения и оценки качества для пар кадров.

Тестирование с использованием библиотеки `openCV` показало, что вычисление максимума корреляции выполняется в 3 раза быстрее, чем поиск ключевых точек и вычисление дескрипторов. При этом в зависимости от входных данных корректно единственный максимум определяются для 70-97% пар кадров.

### 3. Реализация алгоритма

Основным модулем является ядро GUI (`GraphicUserInterface`), реализующее редактор и средства формирования библиотеки фрагментов для поиска, осуществляющее также вызов других модулей: предобработки изображений (корректировки положения кадров, корректировки яркости) и поиска объекта или шаблона (рис. 2).

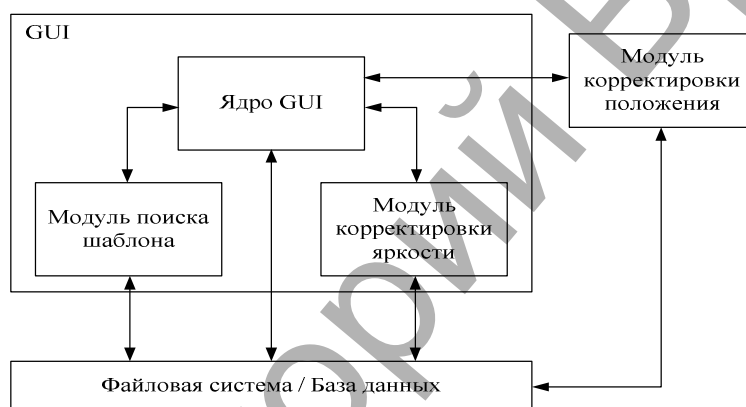


Рисунок 2 – Схема взаимодействия модулей

Алгоритмы реализованы. Модули разработаны на основе оригинальных алгоритмов с использованием распараллеливания на центральном и графическом процессоре с использованием технологий `OpenMP`, `CUDA` и/или `OpenCL` и библиотеки алгоритмов `OpenCV`, графический интерфейс разработан на базе кросс-платформенного инструментария `Qt`.

### Заключение

Все разработанные программные модули характеризуются высокой скоростью при обработке больших изображений и низким процентом ошибок сшивки при работе с зашумленными изображениями.

### Список литературы

1. Абламейко, С.В. Комбинированный метод оперативной координатной привязки аэрокосмических снимков и цифровых моделей карт / С.В. Абламейко, С.П. Боричев, А.Н. Крючков // Анализ цифровых изображений. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – Вып. 1. – С. 122-130.
2. Chimitt, William J. Scene reconstruction from partially overlapping images with use of composite / W.J. Chimitt, Jr.G. Hassebrook, L.G. Hassebrook // J. Opt. Soc. Am. A. – 1999. – No. 16 (9). – P. 2124-2135.