

Предобработка при геометрическом согласовании цифровых изображений

М.В. Гашиков

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева
Институт систем обработки изображений - филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
Самара, Россия
mih-fastt@yandex.ru

Аннотация — Исследуются алгоритмы предобработки при геометрическом согласовании цифровых изображений. Для оценки параметров геометрического преобразования используется метод опорных точек. Этот метод вычисляет параметры геометрического преобразования на основе точек соответствия между базовым и согласуемым изображениями. Для поиска точек соответствия между базовым и согласуемым изображениями используются локальные максимумы поля нормированной корреляции, что позволяет уменьшить влияние локальных яркостных различий между согласуемыми изображениями. Для повышения эффективности обнаружения точек соответствия согласуемых изображений осуществляется переход от исходного изображения к контурному препарату. Для перехода к контурному препарату используется как линейные, так и нелинейные алгоритмы. Приводятся результаты вычислительных экспериментов на реальных данных дистанционного зондирования Земли, которые позволили выявить алгоритм предобработки, позволяющий существенно увеличить эффективность обнаружения точек привязки при геометрическом согласовании изображений.

Ключевые слова — изображение, корреляция, согласование, контур, геометрическое преобразование

I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире цифровые изображения играют значительную роль [1, 2] во многих сферах, включая медицину, компьютерную графику, анализ данных, дистанционное зондирование Земли, и многие другие. Однако, перед тем как начать использовать эти изображения для анализа или обработки, часто необходимо провести предобработку для устранения искажений и повышения качества. Особенно важным является геометрическое согласование [2, 3], то есть приведение изображений к общему пространственному рамкам.

Для вычисления параметров геометрического преобразования часто используется метод опорных точек [3, 4]. Этот метод вычисляет параметры геометрического преобразования на основе точек соответствия между двумя изображениями. Для поиска точек соответствия обычно используется коррелятор [2].

Однако искажения различного вида затрудняют автоматизированный поиск точек привязки. Для повышения эффективности поиска точек привязки в данной работе используется алгоритм предобработки, основанный на выделении границ. Приводятся результаты вычислительных экспериментов, подтверждающие повышение эффективности поиска точек привязки на реальных изображениях дистанционного зондирования Земли, а также приводятся рекомендации по выбору алгоритма предобработки.

II. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ПОИСК ТОЧЕК ПРИВЯЗКИ

Опорные точки – это точки базового изображения, которые нужно обнаружить на совмещаемом изображении для вычисления параметров геометрического преобразования.

Для поиска на совмещаемом изображении точек привязки, соответствующих опорным точкам базового изображения, обычно используются локальные максимумы поля нормированной корреляции:

$$C(x, y) = \frac{\sum_{(k, j) \in \Omega} i(x+k, y+j) e(k, j)}{\sqrt{\sum_{(k, j) \in \Omega} i^2(x+k, y+j) \sum_{(k, j) \in \Omega} e^2(k, j)}}, \quad (1)$$

где $e(k, j)$ это фрагмент базового изображения вокруг опорной точки, а $i(x, y)$ это совмещаемое изображение.

Величина нормированной корреляции равна максимальному значению (единице), если фрагмент базового изображения совпадает с фрагментом согласуемого изображения с точностью до постоянного множителя.

III. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПРИ СОГЛАСОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Основная цель предварительной обработки при геометрическом согласовании изображений заключается в уменьшении влияния яркостных различий совмещаемыми изображениями. В данной работе для уменьшения яркостных различий осуществляется переход от исходного изображения $i(x, y)$ к контурному препарату $i'(x, y)$ посредством применения одного из следующих четырёх алгоритмов.

Нелинейный алгоритм Уоллиса [2] выполняет предобработку посредством линейной фильтрации (свёртки, обозначенной звёздочкой) поля логарифмов исходного изображения:

$$i'(x, y) = \frac{1}{4} \lg i(x, y) * h_L(x, y), \quad (1)$$

где в качестве линейного фильтра $h_L(x, y)$ используется фильтр Лапласа [2] с импульсной характеристикой:

$$h_L(x, y) = \begin{cases} 0, & |x| > 1 \text{ or } |y| > 1 \\ -1, & xy = 0 \text{ and } x + y \neq 0 \\ 4, & (x, y) = (0, 0) \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

Для перехода к контурному препарату также используется фильтр Собела [2], включающий два линейных фильтра. Первый линейный фильтр:

$$h_S(x, y) = \begin{cases} 0, & |x| > 1 \text{ or } |y| > 1 \\ 1, & x = -1, y = \pm 1 \\ 2, & x = -1, y = 0 \\ 0, & x = 0 \\ -h_S(x, y), & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

Второй линейный фильтр $h_S^*(x, y)$ повернут относительно первого линейного фильтра $h_S(x, y)$ на 90 градусов. Итоговый результат:

$$i'(x, y) = \sqrt{(i(x, y) * h_S(x, y))^2 + (i(x, y) * h_S^*(x, y))^2}. \quad (4)$$

Для перехода к контурному препарату также используется фильтр Кирша [2], вычисляющий максимум абсолютных значений перепадов яркости по восьми направлениям. Перепад по первому направлению вычисляется линейным фильтром:

$$h_K(x, y) = \begin{cases} 0, & |x| > 1 \text{ or } |y| > 1 \\ 5, & x = -1 \\ -3, & x = 1 \\ 0, & (x, y) = (0, 0) \\ -3, & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

Перепады по остальным направлениям вычисляются с помощью поворота этого фильтра вокруг центра.

IV. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Для исследования эффективности описанной предобработки в рамках согласования изображений были проведены вычислительные эксперименты на реальных изображениях дистанционного зондирования Земли. Мерой качества был процент увеличения количества правильно обнаруженных точек привязки при использовании различных алгоритмов предобработки. Типичные результаты показаны на рис. 1.

Вычислительные эксперименты позволили выявить алгоритм предобработки, позволяющий существенно (до 20%) увеличить эффективность обнаружения точек привязки при геометрическом согласовании изображений.

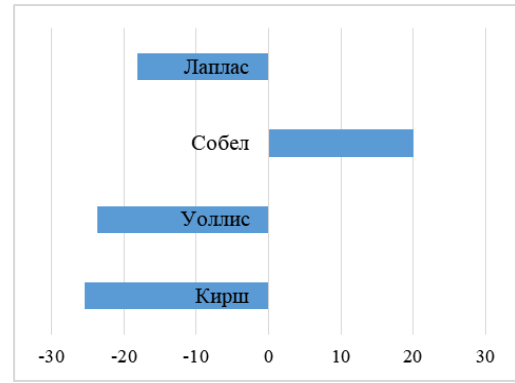


Рис. 1. Процент увеличения количества правильно обнаруженных точек привязки для различных алгоритмов предобработки

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовались алгоритмы предобработки при геометрическом согласовании цифровых изображений. Для вычисления параметров геометрического преобразования использовался метод опорных точек. Для поиска точек соответствия между базовым и согласуемым изображениями использовались локальные максимумы поля нормированной корреляции, что позволило уменьшить влияние локальных яркостных различий между согласуемыми изображениями. Для повышения эффективности обнаружения точек соответствия согласуемых изображений осуществлялся переход от исходного изображения к контурному препарату. Для перехода к контурному препарату использовались как линейные, так и нелинейные алгоритмы. Приведены результаты вычислительных экспериментов на реальных данных дистанционного зондирования Земли, которые позволили выявить алгоритм предобработки, позволяющий существенно увеличить эффективность обнаружения точек привязки при геометрическом согласовании изображений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-21-00662).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Филиппенко, В.А. Обзор литературных источников по теме методов и алгоритмов компьютерной обработки и анализа изображений в офтальмологии / В.А. Филиппенко // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых. – 2021. – С. 155-160.
- [2] Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Литрес, 2022. – 1105 с.
- [3] Андрианова, А.В. Обзор алгоритмов нахождения ключевых точек на изображениях / А.В. Андрианова, Е.В. Данилова // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2021. – Т. 2. – С. 217-220.
- [4] Бондаренко, В.А. Метод поиска и сопоставления ключевых особенностей изображений для распознавания образов и сопровождения объектов / В.А. Бондаренко, Г.Э. Каплинский, В.А. Павлова, В.А. Тупиков // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2019. – Т. 203, № 1. – С. 281-293.