

Применение регистрации изображений к задаче повышения разрешения

Application of image registration to superresolution problem

Болонкин Максим Викторович

Научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент Вахитов А.Т.
Рецензент: Николаев А. И. аспирант

20 июня 2015 г.

Оглавление

1 Введение

- Актуальность

2 Постановка и решение задачи

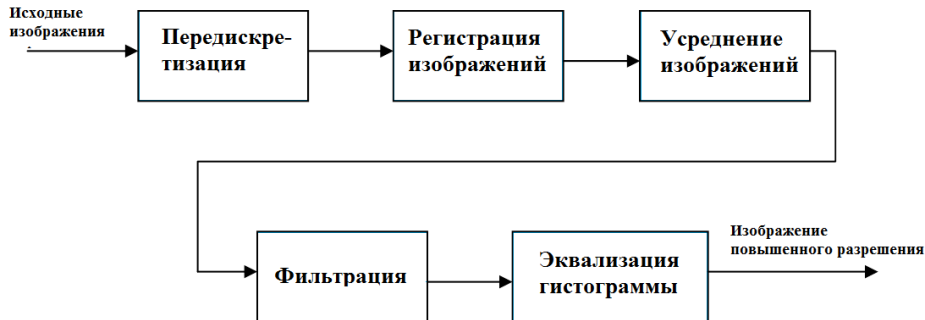
- Постановка задачи
- Известные решения и их недостатки
- Решение задачи
- Влияние маски на результаты регистрации
- Формирование маски

3 Выводы

Актуальность исследований

- Актуальность задачи повышения разрешения обуславливается фундаментальными ограничениями сенсорных систем, а также низкими технологическими показателями систем, используемых во многих областях деятельности (камеры наблюдения, дорожные камеры)
- В большинстве алгоритмов повышения разрешения на основе нескольких кадров (multiple image) одним из первых шагов является процедура регистрации изображений, делая актуальной задачу повышения качества регистрации

Типичное решение задачи повышения разрешения



¹Hai-Wen Chen, Dennis Braunreiter, Advanced super-resolution image enhancement process, Proc. Applications of Digital Image Processing XXXI (2008).

Постановка задачи

- Исследовать влияние применения маски весов на качество регистрации изображений (преимущественно прямоугольной формы на неоднородном фоне)
- Разработать алгоритм формирования маски весов
- Реализовать программную библиотеку регистрации изображений на основе открытого кода

Известные решения

- **Алгоритм Лукаса–Канаде (Lucas B., Kanade T., 1981)** — итеративный алгоритм поиска взаимного смещения двух изображений на основе задачи минимизации среднеквадратичного отклонения
- Модификации алгоритма — применение пирамиды изображений (Bouget J. 2001)
- Релизован в большинстве популярных библиотек регистрации (ITK, The Slicer Registration Case Library, NiftyReg)

Недостатки известных решений

- Используется прямоугольный регион, в то время, как в реальной жизни отслеживаемые объекты не являются прямоугольными
- Известные реализации ориентированы на медицинские изображения (на черном фоне) и при применении к другим изображениям дают неудовлетворительные результаты

Пирамидальная реализация алгоритма Лукаса-Канаде с окном весов

Оригинальный алгоритм (Lucas, Kanade, 1981) минимизация функции ошибки:

$$\delta(A, b) = \sum_{x \in \mathcal{C}} (I(x) - J(Ax + b))^2,$$

где $\mathcal{C} \subset \mathbb{R}^2$ — регистрируемая область, I, J — фиксированное и подвижное изображения соответственно, A, b — матрица аффинного преобразования и вектор сдвига.

В нашей работе мы решаем задачу минимизации взвешенного среднеквадратичного отклонения:

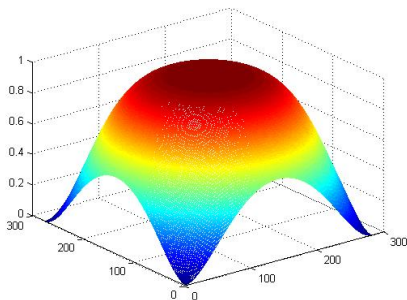
$$\delta(A, b) = \sum_{x \in \mathcal{C}} H(x)(I(x) - J(Ax + b))^2,$$

где H — оконная функция.

Выбор оконной функции

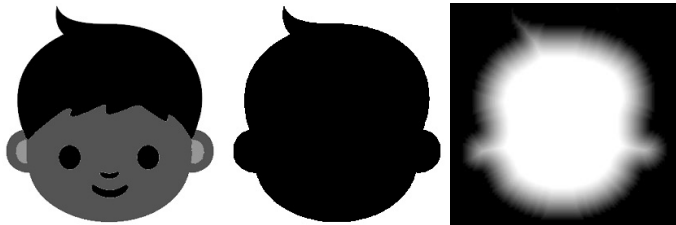
В качестве оконной функции выбрано окно Ханнинга

$$H(n) = 0.5\left(1 - \cos\left(\frac{\pi R}{R_{max}}\right)\right)$$



Результаты регистрации при известной маске

Проведены эксперименты по регистрации изображений с учетом известной маски.



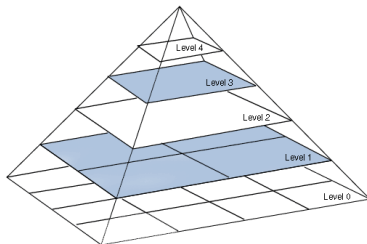
Метод	Ошибка сдвига	Среднеквадратичная ошибка
Без весов	4%	68.51
Известное окно	$13 \cdot 10^{-5}\%$	$7.08 \cdot 10^{-7}$

Алгоритм формирования маски

- 1 Входные данные: Изображения фиксированное и подвижное, геометрическое преобразование
- 2 Фиксированное изображение разбивается на блоки 3×3 , для каждого блока считается среднеквадратичное отклонение после геометрического преобразования
- 3 Производится отсечение по эмпирически определенной границе ошибки, пиксели с низкой ошибкой считаются принадлежащими объекту, остальные — фону
- 4 Применяется алгоритм сегментации на основе Марковских сетей (max-flow/min-cut, альфа-распространение)
- 5 После сегментации каждой точке полученной области ставится в соответствие ее расстояние до границы области

Пирамидальная реализация алгоритма Лукаса-Канаде с окном весов

Для оптимизации алгоритма используется пирамидальная реализация: создается пирамида изображений, на каждом уровне которой применяется алгоритм Лукаса–Канаде с окном весов, результат работы которого используется на следующем уровне в качестве начального приближения.

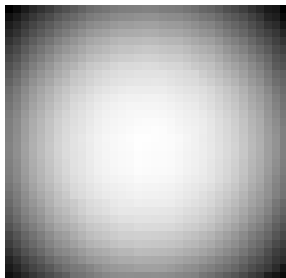


2

²<http://cs.brown.edu/courses/csci1430/2011/results/proj1/georgem/pyramid.gif>

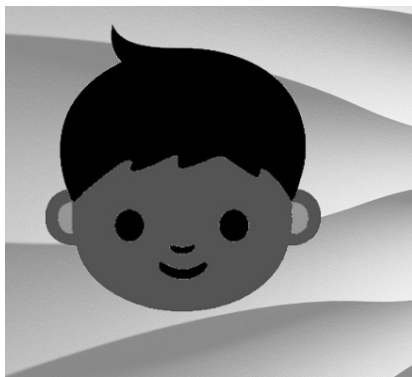
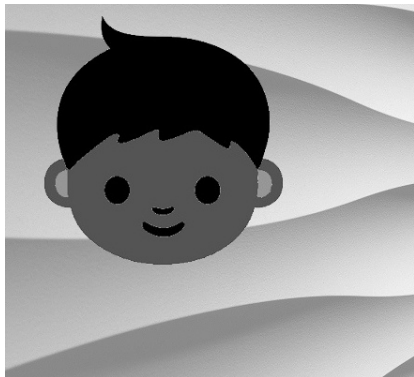
Формирование маски

На самом высоком уровне пирамиды в качестве оконной функции используется обычное окно Ханнинга. Найденное приближение смещения используется для разметки изображения "фон-объект" и формирования нового окна, которое используется на следующем уровне.



Численные эксперименты с синтетическими данными

Искусственно формировались изображения: неоднородный фон + нерегулярный объект



Численные эксперименты с синтетическими данными

Была проведена регистрация алгоритмом Лукаса–Канаде в трех случаях: без весов, с однородным косинусным окном, с адаптивным косинусным окном, построенным по маске.

Метод	Ошибка сдвига	Среднеквадратичная ошибка
Без весов	4%	68.51
Окно Ханнинга	0.87%	23.24
Адаптивное окно Ханнинга	0.0025%	$9.12 \cdot 10^{-5}$

Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской



Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде

[Изображение запрещено к публикации правообладателем]

Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде

[Изображение запрещено к публикации правообладателем]

Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм Лукаса–Канаде

[Изображение запрещено к публикации правообладателем]

Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской

[Изображение запрещено к публикации правообладателем]

Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской

[Изображение запрещено к публикации правообладателем]

Численные эксперименты с реальными данными

Отслеживание объектов на реальных кадрах: Алгоритм с адаптивной маской

[Изображение запрещено к публикации правообладателем]

Программная библиотека

По результатам работы была создана библиотека на языке C++ для регистрации изображений. В работе используются сторонние библиотеки с открытым кодом: библиотеку компьютерного зрения OpenCV и библиотеку графого вывода для случайных полей Маркова GCOptimization.

Классы библиотеки:

- Image — класс-обертка для изображений
- ImageRegistrationLK — класс, выполняющий регистрацию изображений
- MRFlabeling — класс, осуществляющий разметку маски на основе случайных полей Маркова

Выводы и результаты

- Исследовано влияние применения маски весов в процессе регистрации изображений. Показано, что применение соответствующей маски улучшает точность регистрации
- Разработан подход, позволяющий адаптивно сформировать маску, отмечено, что данный подход в некоторых случаях улучшает точность регистрации изображений
- Разработана open-source библиотека на основе предложенных идей