

УДК 621.375.826

ВЫБОР МЕТОДИКИ СМЕЩЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПО СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЮ

Васильчук А. С., Козлов В. Л.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Задача восстановления и распознавания трехмерных сцен в настоящее время интенсивно разрабатывается большим числом исследователей и организаций. Область применения этих алгоритмов также чрезвычайно широка. Это задачи навигации роботов и управления автомобилем, предотвращение столкновений, лабораторные и промышленные системы измерения [1], [2]. Широкое приложение алгоритмы восстановления трехмерных сцен в последнее время находят также в аэрокосмической отрасли.

Информацию о трехмерной сцене можно получить разнообразными методами: по одиночному изображению на основе анализа изменения яркости [2]; по набору изображений, снятых неподвижной камерой при различной степени расфокусировки; по набору изображений с известной геометрией съемки [3]; по набору изображений, снятых с разных позиций и в разные моменты времени (Shape from Motion) [4].

Все перечисленные классы алгоритмов имеют ограниченные области применения и "работают" не для всех сцен. Так, яркостные алгоритмы используются в задачах, где источники света жестко определены или ими можно управлять, а так же как дополнительный каскад, позволяющий улучшить карту глубины на отдельных объектах сцены, обработанной другими методами. Алгоритмы расфокусировки используются в основном в микроскопии, где изменение положения объекта или окуляра объектива ведет к существенному росту измерительных ошибок. Алгоритмы восстановления с известной геометрией съемки, как и Shape from Motion алгоритмы, широко используются в современных системах стерео зрения.

При восстановлении трехмерной сцены по набору изображений с известной геометрией съемки, актуальной является задача нахождения одного и того же объекта на разных изображениях. Методы решения этой задачи можно разделить на локальные и глобальные. Локальные методы используют для поиска небольшое количество пикселей, окружающих пиксель интереса. Глобальные же строят карту диспаратностей для всего изображения сразу.

Местные методы могут быть очень эффективны, но они чувствительны на локально неоднозначных регионах изображений (регионы с окклюзией или с однородной текстурой). Глобальные методы могут быть менее чувствительны к этим проблемам, но тем не менее, эти методы яв-

ляются более ресурсоемкими [5].

В настоящей работе проводится сравнение ряда корреляционных функций, используемых в локальных методах восстановления сцены по набору изображений.

Нормированная кросс-корреляция (NCC) (1) – стандартный статистический метод для определения меры сходства. Хорошо показывает себя при перепадах яркости и смещении цвета на фрагментах поиска.

$$K(d) = \frac{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1) \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2 \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2}} \cdot (1)$$

Сумма квадратов разностей (SSD) (2) – гораздо более простой с математической точки зрения метод, и может быть нормирован (NSSD) посредством выражения (3)

$$K(d) = \sum_{u,v} (I_1(u,v) - I_2(u+d,v))^2, \quad (2)$$

$$K(d) = \sum_{u,v} \left(\frac{I_1(u,v) - \bar{I}_1}{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2} - \frac{I_2(u+d,v) - \bar{I}_2}{\sum_{u,v} (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2} \right)^2 \cdot (3)$$

Сумма модуля разностей (SAD) (4) – аналог SSD, который часто используется для снижения вычислительных затрат.

$$K(d) = \sum_{u,v} |I_1(u,v) - I_2(u+d,v)| \quad (4)$$

Забих и Вудфилл [6] предложили альтернативный метод, использующий локальное непараметрическое преобразование изображения перед поиском соответствия (RANK). Суть обработки заключается в подсчете количества пикселей в окрестности текущего, интенсивность которых меньше чем интенсивность текущего (рисунок 1). Для устранения влияния фоновой засветки и шумов изображения результаты обработки сравниваются областями. В качестве функции соответствия обработанных областей используется SAD (5, 6).

77 41 12

84 50 39 ⇒ 3

90 72 55

Рисунок 1 – Пример RANK-преобразования: для представленного фрагмента отклик фильтра будет равен трем

$$K(d) = \sum_{u,v} |I'_1(u,v) - I'_2(u+d,v)| \quad (5)$$

$$I'_1(u,v) = \sum_{m,n} I_k(m,n) < I_k(u,v) \quad (6)$$

Перечисленные корреляционные функции применялись к картам яркости, полученным из пространства RGB тестовых изображений.

Для анализа качества корреляционных функций для решения приведенной задачи использовалась следующая методика сравнения. Тестовые изображения были обработаны каждой из перечисленных корреляционных функций. В процессе обработки варьировались размеры шаблона поиска и цветовое пространство, в котором ведется сканирование. Использовались следующие разновидности методик получения карты яркостей из RGB изображений:

Равномерное смещение каналов

$$I = (R + G + B) / 3 \quad (7)$$

Извлечение канала Y из пространства YCbCr [7]

$$I = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad (8)$$

Извлечение яркости согласно стандарту sRGB [8]

$$I = 0.21 \cdot R + 0.72 \cdot G + 0.07 \cdot B \quad (9)$$

Использование равномерного смещения каналов зачастую является стандартной предкорреляционной обработкой при анализе изображения. Модель YCbCr широко используется в алгоритмах сжатия изображений и видео, таким образом корреляционная обработка может проводиться до полной расшифровки изображения или кадра видеопотока. Стандарт sRGB используется в большинстве современных мониторов, и использование формулы (9) позволяет получить карту яркостей такой, какой видит ее человеческий глаз.

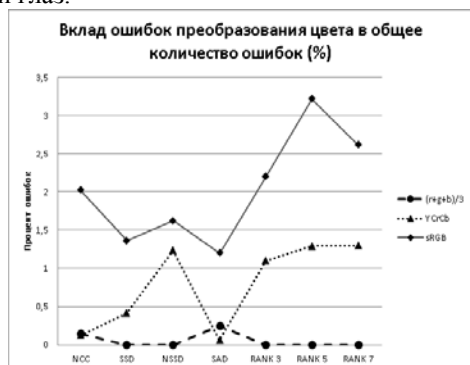


Рисунок 2 – Процент измерительных ошибок, связанных с выбором методики получения карты яркостей из RGB изображения

Были проведены экспериментальные исследования корреляционных функций, заключающиеся в следующем. Набор тестовых цветных изображений был переведен в градации серого каждой из формул (7-9). Для каждого из полученных

наборов изображений строилась карта диспаратностей с использованием каждого из приведенных выше корреляционных методов. В процессе обработки варьировались размеры окна сканирования, а для метода Забиха и Вудфилла так же варьировался размер окрестности непараметрического преобразования.

Результаты анализа измерительных ошибок, связанных с выбором методики получения карты яркостей из RGB изображения, представлены на рисунок 2.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в задачах измерения расстояний для большинства рассмотренных видов корреляционных функций использование равномерного смещения каналов ведет к минимизации общего числа измерительных ошибок. Однако использование Y-канала из пространства YCbCr будет оправдано при построении карты глубины совместно с функцией SAD. Наиболее популярная NCC показывает одинаковые результаты, как при использовании равномерного смещения, так и при извлечении Y-канала. Попытка извлечения яркости, как её воспринимает человек, ведет к увеличению числа ошибок для любого из рассмотренных методов корреляционной обработки.

1. Smith S, Brady J. Susan: New approach to low-level image processing. // Journal of computer vision. – 23(1). – 1997 – P. 45-78.
2. Tsai P, Shah M. Shape from shading using linear approximation. // Image and Vision Computing. – 12(8). – 1994 – P. 487-498.
3. Hernández C, Vogiatzis G. Shape from photographs: a multi-view stereo pipeline. // Computer Vision: Detection, Recognition and Reconstruction. – 2010. – P. 281-312.
4. Szeliski R, Kang S. Recovering 3D Shape and Motion from Image Streams using Non-Linear Least Squares // Cambridge Research Lab Technical Report, March. – 1993.
5. Brown M, Burschka D, Hager G. Advances in Computational Stereo // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – V. 25. – 2003. – P. 993-1008.
6. Zabih R, Woodfill J. Non-Parametric Local Transforms for Computing Visual Correspondence, Proc. Third European Conf. Computer Vision. – 1994. – P. 150-158.
7. Фисенко В, Фисенко Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений. Учебное пособие. СПбГУ ИТМО. – 2008 – С. 19-21.
8. Малыгина М, Шичкин Д. Аспекты практического применения цветового различия для распознавания и выделения границ изображений // Научный журнал КубГАУ. – №89(05). – 2013.