

УДК 004.932.2

## Исследование влияния методов выравнивания яркости в задачах выделения геометрических примитивов на фотоизображении

Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин  
Донецкий национальный технический университет  
d\_m\_b@list.ru

*Бочаров Д.М., Сорокин Р.А. Исследование влияния методов выравнивания яркости в задачах выделения геометрических примитивов на фотоизображении. Проведен обзор методов выравнивания яркости изображения и анализ их влияния на выделение геометрических примитивов с целью уменьшения процента ложных контуров.*

### Введение

Создание 3D-моделей из набора цифровых фотоснимков окружающей обстановки, в частности, моделей помещений, в современном мире становится все более востребованной задачей. Проблема реконструкции сцен становится актуальной при попытках построения моделей помещений у дизайнеров и при создании активно развивающегося на сегодняшний день программного обеспечения 3D-музеев, 3D-экскурсий по памятникам архитектуры.

### Основные этапы 3D-реконструкции

Основными этапами при 3D-реконструкции помещений являются [1]:

- создание серии цифровых фотоснимков;
- предварительная обработка фотоснимков (подавление шумов);
- выравнивание уровней яркости и контрастности фотоизображений;
- определение общих (опорных) пикселей на фотоизображениях и назначение цвета и прозрачности вокселям создаваемой 3D-сцены;
- классификация объектов 3D-сцены (выделение простых элементов).

При создании серии цифровых фотоснимков желательно производить фотосъемку помещения по часовой стрелке с частичным перекрытием предыдущего кадра последующим. В таком случае первый кадр является опорным, а каждый последующий фотоснимок объединяется с предыдущим по опорным точкам. При этом, последний кадр должен частично перекрывать первый кадр серии снимков.

Фотоснимки редко бывают идеального качества, практически всегда на них

присутствует шум. Для оптимального подавления шумов на изображениях в рамках предварительной обработки серии фотоснимков для 3D-реконструкции помещений наиболее подходящим является использование комбинации взвешенного медианного и Stick-фильтра [2 - 5].

### Выравнивание яркости

Яркость и контраст являются субъективными характеристиками изображения, воспринимаемыми человеком.

Яркость представляет собой характеристику, определяющую то, насколько сильно цвета пикселей отличаются от черного цвета. Например, если оцифрованная фотография сделана в солнечную погоду, то ее яркость будет значительной. С другой стороны, если фотография сделана вечером или ночью, то ее яркость будет невелика.

Контраст представляет собой характеристику того, насколько большой разброс имеют цвета пикселей изображения. Чем больший разброс имеют значения цветов пикселей, тем больший контраст имеет изображение.

По аналогии с терминами теории вероятностей можно отметить, что яркость представляет собой математическое ожидание значений выборки, а контраст – дисперсию значений выборки.

Задача контрастирования связана с улучшением согласования динамического диапазона изображения и экрана, на котором выполняется визуализация [6 - 8]. На рисунке 1 представлен оригинальный фотоснимок помещения.

Если для цифрового представления каждого отсчета изображения отводится 1 байт (8 бит) запоминающего устройства, то входной или выходной сигналы могут принимать одно из 256 значений. Обычно в качестве рабочего

используется диапазон 0...255. При этом значение 0 соответствует при визуализации уровню черного, а значение 255 уровню белого.



Рисунок 1 – Фотоснимок помещения

При линейном контрастировании используется линейное поэлементное преобразование, представленное на формуле 1:

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} (y_{\max} - y_{\min}) + y_{\min} \quad (1)$$

При соляризации изображения (формула 2) преобразование имеет вид:

$$y = k \cdot x \cdot (x_{\max} - x) \quad (2)$$

где  $x_{\max}$  - максимальное значение исходного сигнала, а  $k$  - константа, позволяющая управлять динамическим диапазоном преобразованного изображения.

Смысл соляризации заключается в том, что участки исходного изображения, имеющие уровень белого или близкий к нему уровень яркости, после обработки имеют уровень черного (см. рис. 2).



Рисунок 2 – Вариант соляризации №1

При этом сохраняют уровень черного и участки, имеющие его на исходном изображении. Уровень же белого на выходе приобретают участки (см. рис. 3), имеющие на входе средний уровень яркости (уровень серого).



Рисунок 3 – Вариант соляризации №2

Препарирование представляет собой целый класс поэлементных преобразований изображений. Характеристики применяемых на практике процедур препарирования приведены на рисунке 4.

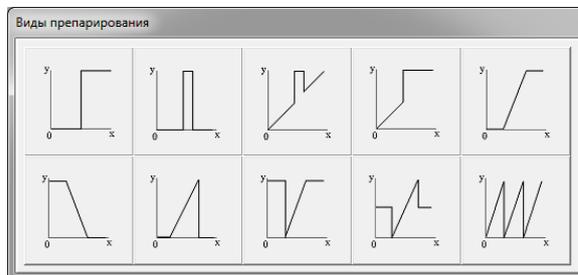


Рисунок 4 – Виды процедур препарирования изображения

Преобразование с пороговой характеристикой превращает полутоновое изображение, содержащее все уровни яркости, в бинарное, точки которого имеют яркости  $y=0$  или  $y=y_{\max}$ . Такая операция, называемая иногда бинаризацией или бинарным квантованием, может быть полезной, когда для наблюдателя важны очертания объектов, присутствующих на изображении, а детали, содержащиеся внутри объектов или внутри фона, не представляют интереса (см. рис. 5).

Основной проблемой при проведении такой обработки является определение порога  $x_0$  сравнение с которым яркости исходного изображения позволяет определить значение выходного изображения в каждой его точке.

Смысл других преобразований нетрудно понять, рассматривая их характеристики. Например, второе преобразование выполняет яркостный срез изображения, выделяя те его участки, где яркость соответствует выделенному интервалу. При этом остальные участки оказываются полностью “погашенными” (имеют яркость, соответствующую уровню черного). Перемещая выделенный интервал по яркостной шкале и изменяя его ширину, можно детально исследовать содержание картины.



Рисунок 5 – Один из вариантов препарирования

Иногда наглядность изображения повышается применением преобразования типа пилообразного контрастирования. При этом различные яркостные диапазоны одновременно подвергаются локальному яркостному контрастированию. Однако необходимо иметь в виду, что данное преобразование, как и некоторые другие, может сопровождаться появлением ложных контуров на получаемом препарате (см. рис. 6).

Препарирование часто используется в автоматических системах обработки визуальной информации [8, 9], поскольку подготавливаемый при этом препарат может содержать всю информацию необходимую для последующей обработки [10, 11].



Рисунок 6 – Вариант препарирования с ложными контурами

Аналогичным образом могут быть получены решения других подобных задач, в которых требуется привести законы распределения изображения к заданному виду. Гиперболизация (формула 3) предполагает приведение плотности вероятности преобразованного изображения к гиперболическому виду (см. рис. 7):

$$w_y(y) = \begin{cases} \frac{1}{y(\ln y_{\max} - \ln y_{\min})}, & \text{при } y_{\max} \leq y \leq y_{\min}, \\ 0, & \text{при других } y. \end{cases}$$

(3)



Рисунок 7 – Гиперболизация исходного изображения

### **Определение и классификация объектов 3D-сцены**

Самой сложной и ресурсоемкой задачей создания 3D-сцены по серии фотозображений является поиск опорных точек. Опорной является точка, присутствующая на двух и более фотоснимках и соответствующая одной и той же точке сцены. Для этого производится сканирование правой части предыдущего и левой части последующего фотоснимка с целью выявления совпадающих регионов (областей, зон) с последующим выбором опорных пикселей и назначением цвета и прозрачности вокселям создаваемой 3D-сцены. Под термином «воксел» понимается элемент объемного изображения, содержащий значение элемента раstra в трехмерном пространстве. Воксели являются аналогами двумерных пикселей для трехмерного пространства.

В современных алгоритмах автоматизированного выделения простых

элементов изображения виден явный уход все дальше и дальше от яркостной картины в область параметров, характеризующих некую окрестность каждой точки или даже всего изображения в целом.

При анализе данной проблемы были рассмотрены следующие методы:

- поиск геометрических фигур на изображении;
- анализ замкнутых контуров сцены для установления типа геометрической фигуры;
- разложение контуров в ряды и сравнение с эталонами;
- поиск образца или поиск фигуры на фотографии по шаблону.

Общий недостаток трех первых методов состоит в довольно высокой вычислительной сложности. Дополнительная обработка изображения с использованием этих методов дает качественное решение, но затраты на его получение являются достаточно ресурсоемкими.

Поиск образца (контура) фигуры на фотографии позволяет в результате описывать, хранить, сравнивать и производить поиск объектов, представленных в виде своих внешних очертаний – контуров.

Предполагается, что контур содержит всю необходимую информацию о форме объекта. Внутренние точки объекта во внимание не принимаются. Это ограничивает область применимости рассматриваемого подхода, но рассмотрение только контуров позволяет перейти от двумерного пространства изображения – к пространству контуров, и тем самым снизить вычислительную и алгоритмическую сложность.

В силу физической природы трехмерных объектов, их контуры всегда замкнуты и не могут иметь самопересечения. Это позволяет однозначно определить путь обхода контура (с точностью до направления – по или против часовой стрелки). Последний вектор контура всегда приводит к начальной точке.

При выделении геометрических фигур на оригинальном фотоизображении можно выделить следующие этапы:

- бинаризация изображения и выделение контуров объектов;
- начальная фильтрация контуров по периметру, площади, коэффициенту формы, фрактальности и так далее;
- приведение контуров к единой длине, сглаживание;
- перебор всех найденных контуров, поиск шаблона, максимально похожего на данный контур.

В дальнейшем, выделенные

геометрические фигуры можно рассматривать как простейшие элементы более крупных структур. Эти структуры затем можно описать и проанализировать с помощью характеристик их формы: метрических, топологических и аналитических.

### **Выводы**

На основе проведенных исследований методов выравнивания яркости изображения, можно сделать вывод, что их использование позволяет управлять процессом последующего выделения геометрических примитивов [12] в рамках выбранной задачи с гораздо более высокой эффективностью.

Например, для оригинального изображения (см. рис. 8) наблюдается большое количество выделенных ложных контуров. Проведенная гиперболизация (см. рис. 9) фотоснимка привела к более корректному выделению контуров прямоугольной формы (оконных проемов и секций радиаторов), но процент ложных контуров неправильной формы остался на прежнем уровне.

Препарирование (см. рис. 10) позволяет избавиться от большинства ложных контуров и при этом детали геометрических фигур выделяются более четко по границам яркостей. Однако степень детализации существенно уменьшается по сравнению с соляризацией (см. рис. 11).



Рисунок 8 – Результат выделения примитивов на оригинальном фотоснимке



Рисунок 9 – Результат после гиперболизации



Рисунок 11 – Результат после соляризации



Рисунок 10 – Результат после препарирования

**Литература**

1. Методы преобразования 2D-фотографий помещения в 3D-модель / Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин // Сучасні інформаційні системи і технології : матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції (Суми, 21-24 травня 2013 року) / Сумський державний університет. Суми, 2013. – С. 150-151.
2. Предварительная обработка 2D-изображений при 3D-реконструкции / Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы ИИ-2013 : материалы международной научно-технической конференции (пос. Кацивели АР Крым, 23 – 27 сентября 2013 года) / Донецкий национальный технический университет. Донецк, 2013. С. 70-72.
3. Фильтрация и сегментация изображений для задач 3D-реконструкции / Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг: материалы V международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Донецк, 22 – 23 апреля 2014 года) / Донецкий национальный технический университет. Донецк, 2014. – С. 398-404.
4. Павлидис У. Алгоритмы машинной графики и обработки изображения. - М: Радио и связь, 1988.
5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х книгах. Пер. с англ. - М.: Мир, 1982(78). - Кн.1- 312 с, Кн.2- 480 с.
6. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений : учебное пособие / В.Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко. – М. : СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
7. Потапов А. А., Пахомов А. А., Никитин С. А., Гуляев Ю. В., Новейшие методы обработки изображений. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
8. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая Обработка Изображений: Пер. с англ. - М: "Техносфера", 2006. - 1070 с.
9. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И. С. Грузман [и др.]. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. - 352 с.
10. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен: Пер. с англ. - М.: Мир, 1976.

- 
11. Фурман А.Я. Цифровые методы обработки  
12. и распознавания бинарных изображений:  
учебное пособие / Фурман А.Я. – М. : 1992. –  
250 с.
13. Выделение геометрических примитивов на  
фотоизображении / Р.А. Сорокин, Д.М.  
Бочаров // Инновационные перспективы  
Донбасса: материалы международной  
научно-практической конференции (Донецк,  
20-22 мая 2015 года) / Донецкий  
национальный технический университет.  
Донецк, 2015. – Т.-5. Компьютерные науки и  
технологии. – С. 86-90.

*Статья поступила в редакцию 20.09.2015*

*Рекомендована к публикации д-ром техн. наук В.Н. Павлышом*