

# Построение целостных контуров объектов на полутоновых изображениях

Кузьмицкий Н.Н.; Дереченник С.С.

Кафедра "ЭВМ и системы", ФЭИС

УО "Брестский государственный технический университет"

г. Брест, Республика Беларусь

e-mail: knnbrest@yandex.ru

**Аннотация** — в данной работе рассматривается проблема целостности контуров полутоновых изображений. Проведенные исследования выявили ряд ограничений стандартных реализаций метода Кэнни, влияющих на обеспечение связности сегментов границ объектов. Предлагается новый подход к построению контуров, использующий расширенное множество возможных контурных точек с его последующим сокращением на основе естественных свойств градиента и границы.

**Ключевые слова:** контур, градиент, ориентация, контраст, утончение, яркость

## I. ВВЕДЕНИЕ

Построение представлений, на основе которых можно восстанавливать информацию о геометрических и физических свойствах объектов по их изображениям, является общей проблемой для большинства задач компьютерного зрения. Сложность ее решения связана с различием изображений одних и тех же объектов при изменении освещения, ракурса, масштаба и др. В связи с этим возникает необходимость создания инвариантных представлений, к числу которых относятся контурные, являющиеся объектом данного исследования. Выбор последних обосновывается следующими аргументами:

- контуры являются концентраторами информации;
  - они полностью характеризуют форму объектов;
  - обладают устойчивостью к субъекту наблюдения;
  - представляют незначительную часть изображения
- сокращают время анализа [1].

## II. ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одна из основных задач при построении контурного представления заключается в минимизации степени разрывности границ объектов. Целостность границ уменьшает зависимость результатов всей последующей обработки от сложных процедур связывания отдельных контурных сегментов. Рассмотрим подробнее хорошо зарекомендовавший себя в задачах автоматического анализа изображений метод обнаружения контуров, предложенный Дж. Кэнни [2].

Данный метод обладает известными достоинствами: хорошей локализацией контуров, формированием утонченных границ и др. Однако при детальном анализе его реализаций обнаруживается ряд ограничений.

Среди очевидных выделяются:

- 1) неопределенность параметров сглаживания, определяющих фильтрацию шума (размытие границ);
- 2) неоднозначность выбора оператора численного дифференцирования, а также способа вычисления характеристик градиентного поля  $G$ ;
- 3) чрезмерная зависимость от пороговых величин, влияющая на разрывность и наличие ложных контуров.

Можно указать и на менее явные ограничения:

- 1) связывание ориентации градиента только с одним из 4-х базовых направлений  $A = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ,$

$135^\circ\}$  (например, точка с ориентацией градиента  $+22^\circ$  будет однозначно отнесена к направлению  $0^\circ$ , хотя практически также она близка и к направлению  $45^\circ$ );

- 2) удаление точек, не имеющих максимума модуля градиента вдоль его направления, но необходимых для связности границ (например,  $|G(x, y)| - |G(x_1, y_1)| = 100$ ,  $|G(x, y)| - |G(x_2, y_2)| = -1$ , где  $(x, y)$  – текущая точка,  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  – соседние по направлению градиента);

- 3) отсутствие требований к соразмерности величины граничной ориентации смежных контурных точек.

Таким образом, выявлены существенные ограничения стандартных реализаций метода Кэнни, влияющие на обеспечение связности границ, подтверждаемые и практическими результатами (см. Рис. 1). В связи с этим возникает необходимость создания новых подходов к выделению контуров, соответствующих более высоким требованиям к их целостности.

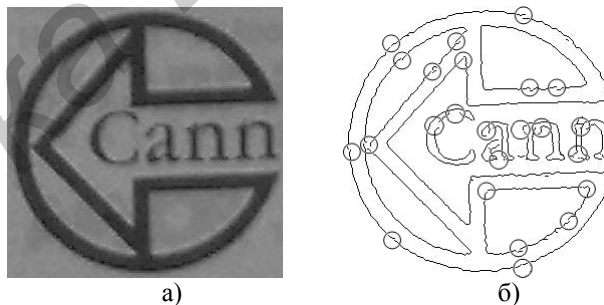


Рис. 1. Полутоновое изображение (а) и его контурное представление (б), полученное функцией edge системы MatLab ( $T1 = 100, T2 = 40, \sigma = 1$ ), О – разрыв контура

## III. ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

### A. 1 Определение направлений прослеживания

Для предотвращения удаления точки, в результате ошибочного связывания ее ориентации с базовыми, предлагается расширить возможности прослеживания:

- точке назначать по два доступных направления: первое (основное) определяется округлением величины ориентации градиента к значению кратному  $45^\circ$ , второе – к следующему по мере близости базовому направлению;

- точке, для которой справедливо:  $|a(x, y) - A| \leq \delta$ , где  $\delta$  – константа,  $a$  – ориентация градиента, назначать дополнительное направление, являющееся третьим из ближайших базовых.

В итоге максимальный диапазон значений для 1-го базового направления составит:  $(-45^\circ - \delta + A, A + \delta + 45^\circ)$ .

### B. 2 Формирование множества контурных точек

Данное множество предлагается формировать на основе двух подмножеств точек градиентного поля:

- *каркасные* – обладают максимальной величиной градиента по отношению к двум соседям вдоль основного базового направления;

- *соединительные* – обладают достаточным контрастом

$K = 2 |G(x, y)| - |G(x_1, y_1)| - |G(x_2, y_2)| > \varepsilon$  (где  $\varepsilon$  – константа) модуля градиента вдоль любого базового направления.

Получаемое множество (см. Рис. 2а) в значительной степени избыточно. Для его сокращения удалим доступные точке направления, если имеется два подряд идущих "сильных соседа" с любой стороны (один с каждой стороны) от нее вдоль этого направления. При этом сильный сосед направления – это смежная точка, для которой доступно данное направление и имеющая большее значение контраста модуля градиента вдоль него по сравнению с рассматриваемой точкой. Также сильными являются направления каркасных точек, по отношению к соединительным, вне зависимости от величины контраста. Отметим, что точка исключается из дальнейшего рассмотрения, если были удалены все доступные ей направления прослеживания.

Кроме того, проведем пороговую обработку по величине  $T$ , равной минимально допустимому значению модуля градиента и потребуем выполнения для точек контура следующих требований:

1) наличие соседей с обеих сторон вдоль ориентации границы, ортогональной доступным направлениям;

2) равномерное изменение величины ориентации границы:

$$\max(|a(x, y) - a(x_1, y_1)|, |a(x, y) - a(x_2, y_2)|) < \theta.$$

3) наличие у соседей доступных направлений, связывающих их с рассматриваемой точкой.

Сокращенное множество приведено на Рис. 2б.

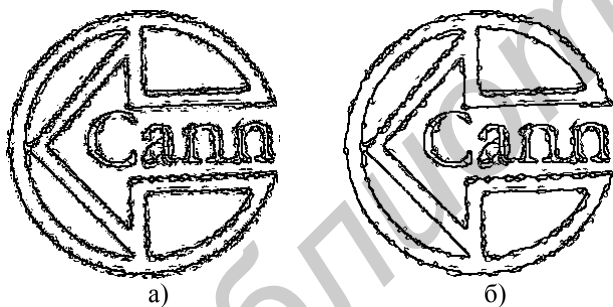


Рис. 2. Исходное (а) и сокращенное (б) множества контурных точек

### С. 3 Получение итогового контурного представления

Для получения единичной толщины контуров выполним их утончение, которое может быть реализовано как один из вариантов полутонового утончения [3]. Сформированные в результате средние линии, проходят через точки с наибольшей величиной градиента, сохраняя при этом топологию границы (см. Рис. 3а). Однако можно заметить существенный недостаток – замкнутые петли, образованные широкими перепадами яркости. Для их ликвидации применим алгоритм, включающий в себя следующий этап:

1) выделение восьмисвязных контурных сегментов и ограниченных ими четырехсвязных областей;

2) вычисление начальной степени близости смежных областей сегмента по величине некоторого признака;

3) определение пары областей ( $I$  и  $J$ ) с максимальной степенью близости, превышающей некоторый уровень;

4) объединение пары, путем удаления общей для ее областей части границы и пересчет степени близости образованной области со смежными;

5) выполнение п.3-4, пока объединение возможно.

Основной характеристикой, используемой для построения контуров, является яркость изображения, логичным будет ее применение и для формирования признаков объединения областей:

$$1) P_1 = |M_I - M_J| < T1, \text{ где } M - \text{средняя яркость};$$

2)  $P_2 = |W_I / (B_I + W_I) - W_J / (B_J + W_J)| < T2$ , где  $W$  – количество точек области, лежащих на положительной,  $B$  – отрицательной стороне перепада;

3)  $P_3 = P_1 + \beta \cdot P_2 < T3$ , где  $T1, T2, T3, \beta$  – константы.

Введение второго признака объясняется частым размытием изображения вблизи контуров, приводящим к ошибочным объединениям, при этом для определения знака перепада можно использовать лапласиан. Результат применения алгоритма приведен на Рис. 3б.

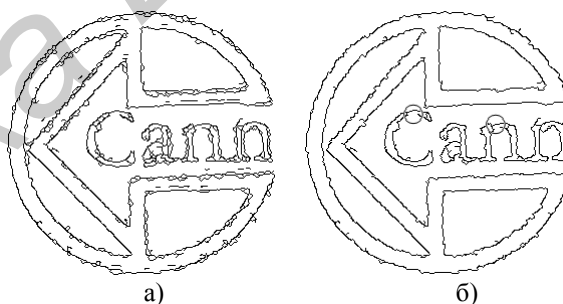


Рис. 3. Утонченное (а) и итоговое (б) контурные представления

## IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен новый подход к построению контуров полутоновых изображений, обеспечивающий высокий уровень целостности границ объектов. Положительный эффект достигается за счет сокращения требований, предъявляемых к характеристикам отдельных контурных точек в сочетании с расширением требований, по отношению к их последовательностям, при этом несколько возрастает вычислительная сложность обработки. Актуальность подхода в большей степени проявляется при построении контуров размытых изображений в ходе решения задач поискового типа.

[1] А. С. Потапов, Распознавание образов и машинное восприятие. СПб.: Политехника, 2007, С. 272 – 300.

[2] Л. Шапиро, Дж. Стокман, Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006, С. 386 – 390.

[3] С. В. Абламейко, Д. М. Лагуновский, Обработка изображений: технология, методы, применение. Мн.: Амадеф, 2000, С. 179 – 185.