

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНО - РАЗНОСТНОГО АЛГОРИТМА ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

к.т.н. А.В. Липанов  
(представил д.т.н., проф. О.Н. Фоменко)

Приведены экспериментальные исследования интегрально-разностного алгоритма выделения контура объекта. Исследовалась устойчивость алгоритма к изменениям яркости и контрастности, а также воздействиям шумов. Проведен сравнительный анализ с известными алгоритмами, основанными на операторах Собела, Робертса, Лапласа.

В [1] приведен разработанный интегрально-разностный алгоритм выделения контура. Необходимо проверить работоспособность алгоритма в условиях изменения уровней яркости и контрастности изображения, а также в условиях действия шумов с равномерным и нормальными законами распределения.

Сравним разработанный алгоритм с известным алгоритмом выделения контура при помощи оператора Лапласа [2]. Выбор его для сравнения объясняется тем, что алгоритм достаточно прост в реализации и дает высокие результаты по выделению контура. Недостатком этого алгоритма является необходимость эвристического подбора порога для отбора принадлежности точек к контуру.

Оценка качества работы алгоритмов выделения контура – сложный и до конца не алгоритмизированный процесс. Хороший результат дает визуальная оценка качества контура. Выбрав эталонный контур можно его сравнивать с другими, используя различные методы.

Для оценки качества работы алгоритма выделения контура можно вычислять величину энергии контура  $E$ , которую при отсутствии изменений яркости, контрастности и шумов обозначим  $E_0$ . Определим эту величину по формуле

$$E = \iint_{D'} L(x, y) dx dy,$$

где  $D'$  – область, в которой определяется контур;  $L(x, y)$  – функция яркости изображения в области  $D'$  после выделения контура.

Величина разности  $E - E_0$  говорит о том, насколько контуры отличаются друг от друга. Этот способ позволяет определить увеличение или уменьше-

ние количества точек в контуре, но при этом он не учитывает изменение его формы.

Другой способ оценки качества выделения контура основан на сравнении некоторого эталонного контура и текущего выделенного. Под эталонным контуром  $L_0(x,y)$  понимаем контур, выделенный из изображения, не подвергнутого искажениям яркости, контрастности, воздействиям шумов.

При сравнении контуров будем использовать условие

$$N = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H (n+1) \left| \{L(i,j) - L_0(i,j) \neq 0\} \right| < T, \quad (1)$$

где  $L_0(i,j)$  – точка эталонного контура;  $L(i,j)$  – точка выделенного контура;  $W, H$  – размеры области контура;  $T$  – порог;  $N$  – количество не совпавших точек, в начале вычислений  $N=0$ .

Из структуры множества  $L$  [1] следует, что оно содержит только белые и черные точки. Таким образом, при совпадении белых или черных точек разность в (1) будет равна 0. Чем больше величина  $N$ , тем больше не совпавших точек, тем сильнее выделенный контур  $L$  отличается от эталонного контура  $L_0$ . Порог  $T$  выбирается путем визуальной оценки контура. Если его качество становится недостаточным, то величина порога  $T$  устанавливается равной величине  $N$ . В этом случае считается, что контур выделен неверно. Важно заметить, что динамика величин  $E$  и  $N$  близка, но разница состоит в том, что сравнение контуров по (1) отражает степень сходства выделенного и эталонного контуров.

На основе данных экспериментов по выделению контуров объектов на изображении при помощи обоих алгоритмов построены сравнительные графики изменения величины  $N$  несовпадения контуров для метода на основе оператора Лапласа и предлагаемого метода [1]. На рис. 1 приведены результаты выделения контуров по обоим алгоритмам при отсутствии искажений яркости, контрастности и помех. Эти контура являются эталонными контурами  $L_0$  для (1).

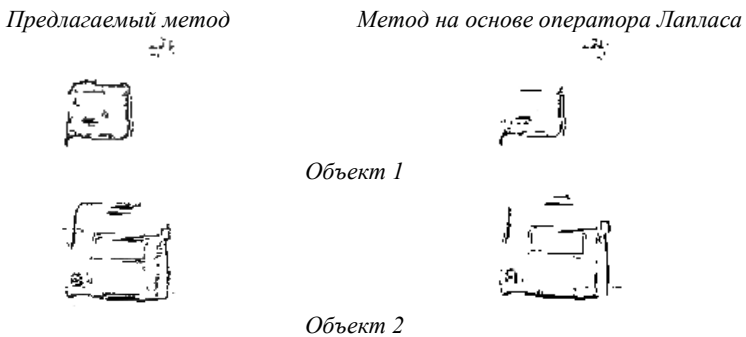


Рис. 1. Результаты выделения контуров обоими алгоритмами

В ходе выполнения экспериментов было установлено, что в условиях изменений яркости в пределах от  $-70$  до  $70$  единиц от яркости исходного изображения оба алгоритма дают хорошие результаты по выделению контура. В условиях изменений контрастности от  $-40$  до  $70$  единиц оба алгоритма выделяют контур. Новый алгоритм становится чувствительным к тому, какая точка окажется стартовой. Выделение контура объекта при изменении контрастности в  $-40$  единиц возможно для объектов, имеющих достаточно контрастные границы.

Приведем сравнительные графики изменения величины  $N$  в зависимости от изменения яркости, контрастности и уровня шума для первого объекта. Горизонтальные линии на графиках показывают порог  $T$ .

Визуальный анализ качества выделенных контуров в условиях изменения яркости и контрастности позволяет утверждать, что увеличение (уменьшение) количества точек контура не ведет к сильной потере качества и в связи с этим установим величину порога  $T=250$  при изменениях яркости (рис. 2) и  $T=800$  при изменениях контрастности (рис. 3). Необходимо отметить, что изменения яркости или контрастности могут приводить и к улучшению качества контуров.

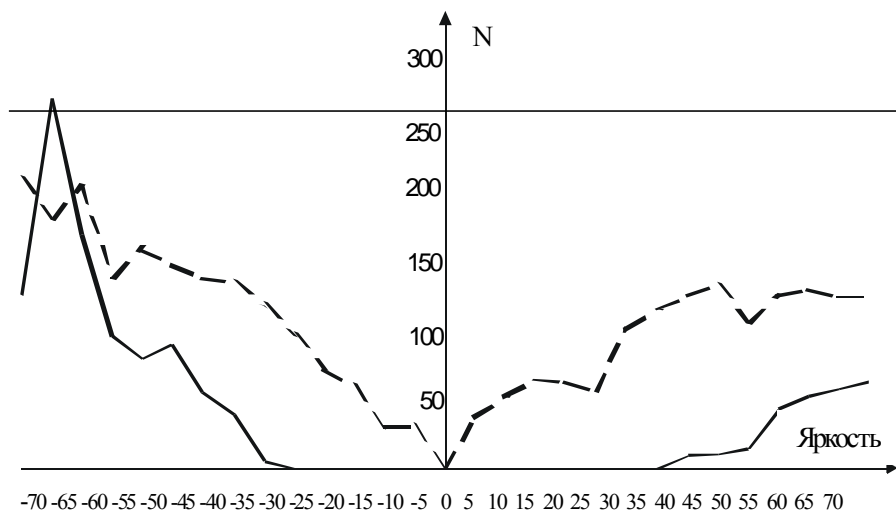


Рис. 2. График изменения  $N$  при изменении яркости изображения:  
 — - предложенный метод; -- - метод на основе оператора Лапласа

На графиках ось ординат пересекается с осью абсцисс в точке, где изображение не подвергнуто искажениям и  $N=0$ .

При воздействии шумов с нормальным законом распределения величину порога  $T$  установим равной 350 (рис. 4), при равномерном шуме –  $T=400$

(рис. 5). В условиях действия шумов с равномерным законом распределения предлагаемый метод работает при максимальном соотношении сигнал/шум 10/4, а метод на основе оператора Лапласа – при 10/3. При шуме с нормальным законом распределения предлагаемый метод и метод на основе оператора Лапласа работают до соотношения сигнал/шум 10/2.

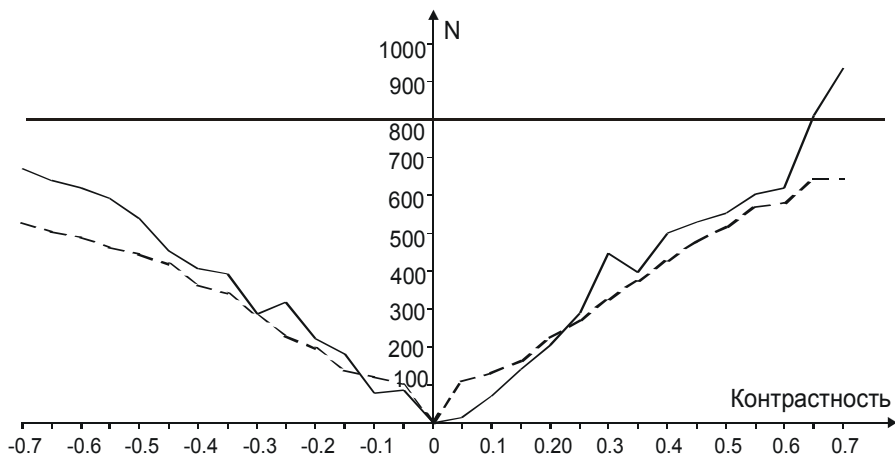


Рис. 3. График изменения  $N$  при изменении контрастности сигнала при равномерном законе распределения шума: — - предложенный метод; --- - метод на основе оператора Лапласа

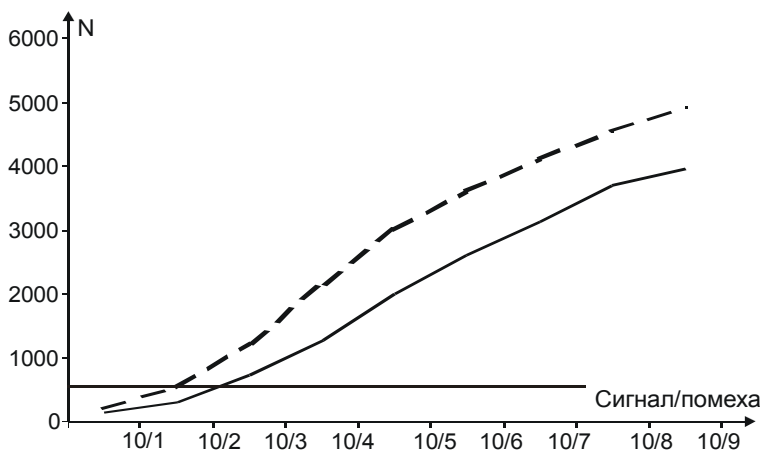


Рис. 4. График изменения  $N$  в зависимости от уровня шума с нормальным законом распределения: — - предложенный метод; --- - метод на основе оператора Лапласа

Важным преимуществом предлагаемого метода является его адаптивность к выбору порога отбора точек, в то время как в методе на основе оператора Лапласа этот порог необходимо подбирать для каждой группы изображений. На основе проведенных экспериментов можно сделать вывод, что предлагаемый метод по качеству выделения контура в условиях действия преобразований яркости и контрастности не уступает методу на основе оператора Лапласа. Результаты исследований методов на основе операторов Робертса и Собела, показали, что они дают такие же результаты, как и метод на основе оператора Лапласа при условии правильного задания порога отбора точек.

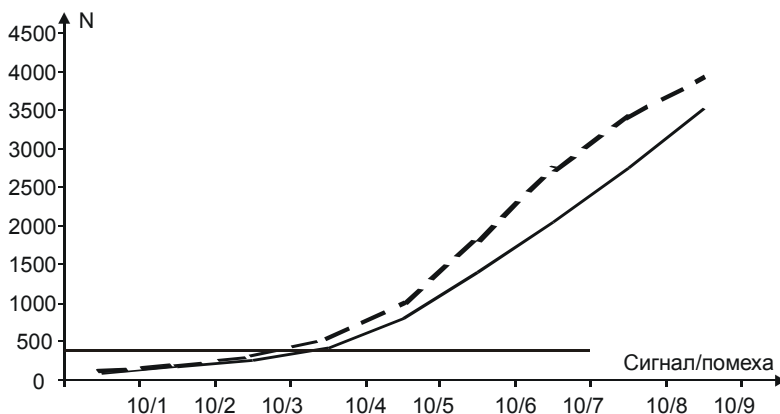


Рис. 5. График изменения  $N$  в зависимости от уровня шума с равномерным законом распределения:  
 — - предложенный метод; --- метод на основе оператора Лапласа

Исходя из вышесказанного, предлагаемый метод можно применять для выделения контуров в системах технического зрения, поскольку он проще, чем метод на основе оператора Лапласа, более помехоустойчив, обладает несколько большим быстродействием и позволяет применить универсальную процедуру выбора значения порога для более широкого класса изображений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Липанов А.В., Путятин Е.П. Интегрально - разностный алгоритм выделения контуров для систем технического зрения // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНІ, ХВУ. – 2000. – Вип. 3 (9). – С. 129 - 134.
2. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 512 с.

