

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕСТОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АЛГОРИТМОВ СЕГМЕНТАЦИИ

Гай В.Е., Борблик С.Н.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета

Сегментация является одним из основных направлений в цифровой обработке и анализе изображений. Сегментация позволяет перейти от представления изображения как набора точек с различной яркостью к описанию сцены, как композиции объектов каждый из которых характеризуется рядом геометрических характеристик: формой, площадью, взаимным расположением, яркостью, а также текстурными и иными признаками [2].

В настоящее время разработано достаточно большое количество алгоритмов сегментации [2]. При выборе конкретного алгоритма для решения определённой задачи учитываются характеристики его работы (скорость работы; объём априорной информации об изображении, необходимой для выполнения операции сегментации и другие характеристики). Но, наиболее важным показателем, влияющим на выбор алгоритма, является показатель качества его работы. На сегодняшний день существующие методы и средства оценки качества алгоритма не решают проблему оценки данного показателя в полной мере. Следовательно, актуальной является разработка модели изображения для оценки эффективности программных методов обработки изображений.

В данной статье вводится модель тестового изображения и набор критериев для оценки качества работы алгоритмов сегментации.

Наиболее распространенная модель формирования изображения - модель, описываемая как совокупность эталонного изображения и шума (аддитивного, мультипликативного или импульсного).

Более общей линейной динамической моделью изображения является модель, учитывающая, наряду с шумом, динамические пространственные искажения.

Опишем модель тестового изображения следующим образом:

$$Y = X + K + N \quad (1),$$

где Y – зашумленный (искажённый) результирующий сигнал, X – исходное эталонное изображение, K – случайное марковское поле с заданным математическим ожиданием (M), коэффициентом корреляции (K_k) и дисперсией (D_k), N – белый шум с заданной дисперсией (D_N).

Для генерации коррелированных отсчётов используется модель однородного марковского случайного поля (ОМСП) [1].

Процесс формирования тестового изображения состоит из следующих шагов:

1) формирование идеального (эталонного) изображения (на данном этапе требуется определить количество объектов на изображении, их яркость, пространственное расположение относительно друг друга, разности между яркостями объектов); можно выделить два типа эталонных изображений:

- а) изображения, содержащие объекты с одинаковыми яркостями («простые» изображения);
- б) изображения, содержащие объекты с различными яркостями («сложные» изображения);

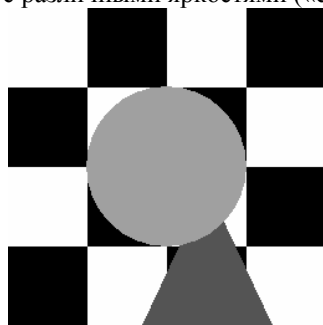


Рис. 1 – «Сложное» изображение

2) генерация однородного коррелированного марковского поля и белого шума (возникает проблема выбора параметров марковского случайного поля (коэффициента корреляции и дисперсии) и белого шума (дисперсии)); при генерации ОМСП с коэффициентами корреляции близкими к единице создаются поля, на которых находятся относительно большие по площади (по сравнению с площадью всего изображения) области, которые при наложении на идеальное изображение искажают объекты что делает полученные изображения визуально более близкими к реальным;

3) формирование тестового изображения по формуле (1).

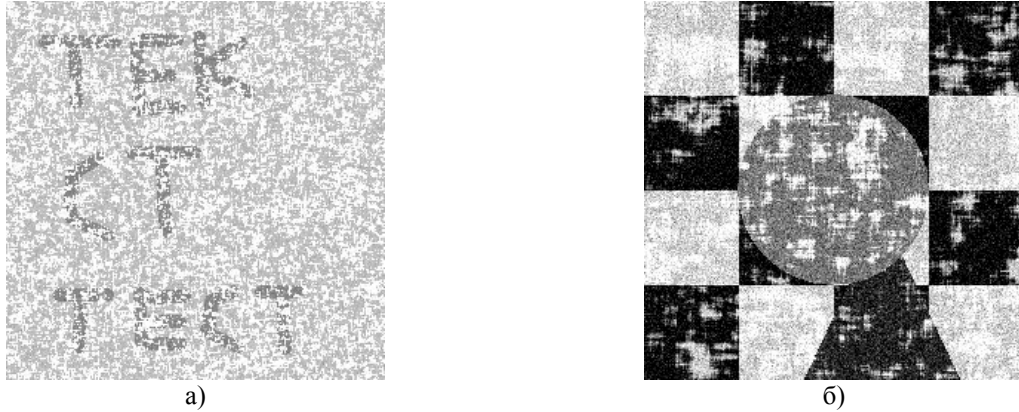


Рис. 2 – а) зашумлённое «простое» изображение, б) зашумлённое «сложное» изображение

После формирования тестового изображения применим к данному изображению оператор сегментации:

$Y' = Seg[Y]$ (2), где Y - тестовое изображение, Seg - оператор сегментации, Y' - полученное сегментированное изображение.

При оценке качества работы оператора сегментации можно применить два подхода к вычислению ошибки сегментации:

1) подход, рассматривающий ошибку определения объекта; данный подход может применяться для «простых» изображений; в данном случае ошибка сегментации определяется следующим образом:

$$G(X, Y') = \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w |X(i, j) - Y'(i, j)| \quad (3),$$

2) подход, анализирующий ошибку определения яркости (вычисляется для «сложных» изображений).

Введём следующие обозначения: X - исходное идеальное изображение; Y' - сегментированное изображение, h - высота изображения, w - ширина изображения.

Для количественной оценки ошибки, рассмотренной во втором подходе, могут использоваться следующие критерии:

1) средний квадрат ошибки:

$$MSE(X, Y') = \frac{1}{h * w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (X(i, j) - Y'(i, j))^2 \quad (4)$$

2) Евклидово расстояние:

$$D_2(X, Y') = \sqrt{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (X_{i,j} - Y'_{i,j})^2} \quad (5)$$

3) критерий, являющийся обобщением Евклидова расстояния:

$$D_p(X, Y') = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (X(i, j) - Y'(i, j))^p} \quad (6), \quad \text{где } p - \text{любое положительное число};$$

4) функция качества сегментации:

$$G(Y') = \sqrt{M} * \sum_{i=1}^M \frac{e_i^2}{A_i} \quad (7), \quad \text{где } M - \text{число областей на сегментированном изображении, } A_i - \text{число}$$

точек в i - ой области, e_i - евклидово расстояние между яркостями исходного и сегментированного изображения в i - ой области.

При создании тестовых изображений возникает задача формирования объектов с определённой яркостью на идеальном изображении.

При формировании «сложных» тестовых изображений количество объектов с различными яркостями должно приближаться к конфигурации реальных изображений для сегментации которых предназначен данный алгоритм.

Минимальные требования к «сложному» изображению:

- 1) не менее 3 объектов с различной яркостью;
- 2) объекты на изображении должны иметь различные геометрические формы.

Сгенерированные таким образом, ансамбли тестовых изображений использовались при исследовании алгоритмов сегментации [1- 4]:

- 1) расщеплением – слиянием областей;
- 2) наращиванием областей;
- 3) с использованием вейвлет – преобразования и многомасштабных марковских случайных полей;
- 4) с использованием марковских случайных полей.

В результате сформированы рекомендации по выбору алгоритмов в зависимости от типа изображения, величины шума, пространственных искажений. Результаты оценки качества перечисленных выше алгоритмов сегментации согласуются с визуальным оцениванием.

Литература

1. Виттих В.А., Сергеев В.В., Сойфер В.А. Обработка изображений в автоматизированных системах научных исследований - М.: Наука, 1982
2. Р.Гонсалес, Р.Вудс Цифровая обработка изображений, Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Lei Zheng, J.C.Liu, A.K. Chan, W.Smith. Object – based image segmentation using DWT/RDWT multiresolution Markov random field. Texas : Department of Electrical Engineering, 2001
4. Методы компьютерной обработки изображений: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Сойфера.- 2-е изд., испр.-М.: Физматлит, 2003.- 784 с.

TEST IMAGES FORMING TO SEGMENTATION ALGORITHMS QUALITY EVALUATION

Gay V., Borblik S.

Murom institute of the Vladimir state university

Segmentation is one of the main tasks in a digital image processing. Image segmentation allows to represent source image as a set of objects, which has different characteristics: form, area, etc. Now days there are a lot of different segmentation algorithms. The most significant characteristic that influence on the choice of the algorithm is an algorithm quality. In this article introduced a test image model and a set of criterion to segmentation algorithm quality evaluation.

Describe the test image model as union of three components:

$Y = X + K + N$ (1), where Y – noised image, X – source image, K – markov random field, N – “white” noise. Homogeneous markov random field is used to form correlated samples.

The process of test image creating consists of three steps:

- 1)creating ideal image; there are two types of ideal images:
 - 1.1) images consists of objects with equal intensities (“simple” images);
 - 1.2) image consists of objects with different intensities (“complex” images);
- 2)generating homogeneous markov random field and “white” noise;
- 3)creating test image using (1).

After test image creating apply to it segmentation operator:

$Y' = Seg[Y]$ (2), where Y' – segmented image, Y –test image, Seg – segmentation operator.

There are two approaches to segmentation operator quality estimation:

- 1) approach, that estimates the object detection error (this approach is used for “simple” images);
- 2) approach, that estimates the intensity detection error (this approach is used for “complex” images);

To quantitative assessment of the intensity detection error can be used following criteria:

- 1) error mean square

$$MSE(X, Y') = \frac{1}{h * w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (X(i, j) - Y'(i, j))^2 \quad (3)$$

- 2) Euclidian distance;

$$D_2(X, Y') = \sqrt{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (X_{i,j} - Y'_{i,j})^2} \quad (4)$$

- 3) generalized Euclidian distance;
- 4) function, that estimates the quality of segmentation:

$$G(Y') = \sqrt{M} * \sum_{i=1}^M \frac{e_i^2}{A_i} \quad (5), \text{ where } M - \text{ amount of segments in segmented image, } A_i - \text{ amount of pixels in } i - \text{ th segment, } e_i - \text{ Euclidian destination between intensities of source noised and segmented images in } i - \text{ th segment.}$$

There are two requirements to complex images:

- 1)at least three object with different intensities;
- 2)objects at image must has different geometry.

Generated ensembles of test images were used to segmentation algorithm research:

- 1)split – merge region;
- 2)region growing;

-
- 3)with using of wavelet – transform and markov random fields;
 - 4)with using of markov random fields.

As result of work were formed guidelines to algorithm selection in different situations. Results of quality estimation of different segmentation algorithms adjust with visual evaluation.

