

Российский университет дружбы народов.
e-mail igostev@sci.pfu.edu.ru, ramatahatta@chat.ru

Реферат. В докладе рассматривается метод статистической сегментации, предложенный авторами для бинаризации полутоновых изображений в системе распознавания образов STIPR 2000.

Введение.

Исследования, проведенные на основе работы с системой по обработке изображения и распознаванию образов STIPR 2000 [2], показали, что предварительная обработка изображений оказывает существенное влияние на качество распознавания, а сама предварительная обработка зависит от диапазона яркостей изображений и уровня шумов.

Поскольку применение статических порогов для сегментации изображений в системе STIPR 2000 не позволяет получать качественных результатов, то были разработаны методы с использованием плавающего порога, величина которого меняется в зависимости от статистической оценки яркостных параметров изображения. Примером такого алгоритма может служить алгоритм дельта-сегментации [3]. Однако, как показали исследования на реальных изображениях, эффективность применения алгоритма дельта-сегментации уменьшается с ростом контрастности изображения. Для устранения этого недостатка и был разработан алгоритм, который назван статистической сегментацией. Эффективность работы метода статистической сегментации не зависит от контрастности изображения.

Принцип работы.

Статистическая сегментация основана на принципе статистического анализа яркостных значений изображения, по результатам которого происходит определения значения порога. Процесс определения порога включает несколько шагов.

На первом шаге определяется размер окна в пикселях $M * N$. Можно задать любые размеры окна, не превышающие размер изображения.

На втором шаге выполняется расчет статистических параметров изображения. Для этого все изображение $K * L$ делится на фрагменты $M * N$. Для каждого из этих фрагментов вычисляются среднее значение яркости (мат. ожидание) и дисперсия. В итоге получается матрица яркостей с размерами $P = L / N$ строк и $Q = K / M$ столбцов.

На третьем шаге происходит расчет порога для каждого пикселя. Изображение сканируется построчно слева направо и сверху вниз. При этом все фрагменты $M * N$ пикселей, для которых были вычислены статистические значения, делятся еще на 9 равных областей размером $(M/3) * (N/3)$ пикселей. При сканировании изображения определяется, в какой фрагмент изображения попадает данный пиксель, а также к какой из девяти областей данного фрагмента он принадлежит. После этого происходит расчет порогового значения. Для пикселя, попадающего во фрагмент изображения (p, q) , порог рассчитывается по формуле:

$Thres = M + \alpha * D$ где:

$$\begin{aligned} M &= k1 * M(p-1, q-1) + k2 * M(p-1, q) + k3 * M(p-1, q+1) + \\ &k4 * M(p, q-1) + k5 * M(p, q) + k6 * M(p, q+1) + \\ &k7 * M(p+1, q-1) + k8 * M(p+1, q) + k9 * M(p+1, q+1); \\ D &= k1 * D(p-1, q-1) + k2 * D(p-1, q) + k3 * D(p-1, q+1) + \\ &k4 * D(p, q-1) + k5 * D(p, q) + k6 * D(p, q+1) + \\ &k7 * D(p+1, q-1) + k8 * D(p+1, q) + k9 * D(p+1, q+1); \end{aligned}$$

$M(p, q)$ и $D(p, q)$ – Математическое ожидание и дисперсия яркости из матрицы (P, Q) для фрагмента изображения (p, q) , α – константа равная по умолчанию 0.1, $k1-k9$ – числовые коэффициенты, значения которых меняются в зависимости от того, в какую из девяти областей фрагмента (p, q) попадает заданный пиксель.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Область 1	0.12	0.14	0.08	0.14	0.24	0.07	0.08	0.07	0.06
Область 2	0.08	0.15	0.08	0.10	0.30	0.10	0.06	0.07	0.06
Область 3	0.08	0.14	0.12	0.07	0.24	0.14	0.06	0.07	0.08
Область 4	0.08	0.10	0.06	0.15	0.30	0.07	0.08	0.10	0.06
Область 5	0.05	0.10	0.05	0.10	0.40	0.10	0.05	0.10	0.05
Область 6	0.06	0.10	0.08	0.07	0.30	0.15	0.06	0.10	0.08
Область 7	0.08	0.07	0.06	0.14	0.24	0.07	0.12	0.14	0.08
Область 8	0.06	0.07	0.06	0.10	0.30	0.10	0.08	0.15	0.08
Область 9	0.06	0.07	0.08	0.07	0.24	0.14	0.08	0.14	0.12

Сумма коэффициентов k в каждой области равна единице.

Обсуждение алгоритма.

Благодаря использованию матрицы яркостей и динамически вычисляемому порогу, метод статистической сегментации позволяет эффективно обрабатывать изображения с различной степенью освещенности и контрастности, что невозможно сделать при использовании статического порога. Применение различных коэффициентов в зависимости от положения пикселя внутри окна обеспечивает плавность переходов на границах областей и, соответственно, на всем изображении. Высокая чувствительность метода делает возможным его применение для выявления дефектов на изображениях.

При реализации этого алгоритма в системе STIPR, размеры окон вычисляются автоматически на основе размеров распознаваемого эталона, таким образом, метод не требует для работы никакой предварительной информации. Однако в некоторых случаях требуется принудительное определение параметров.

К недостаткам метода можно отнести появление большого количества шумов на изображении, обусловленное высокой чувствительностью метода, а также необходимость запоминания в системе N строк изображения (в системе STIPR обработка изображений осуществляется по трем строкам). Кроме того, к недостаткам, выявленным в процессе эксплуатации алгоритма, относится появление негативных пятен на однотонных участках изображения, если размер участков существенно превышает размер области $M * N$.

Примеры.

Пример 1. Искусственная поверхность «шахматная доска». При обработке получаем практически «идеальное» черно-белое изображение

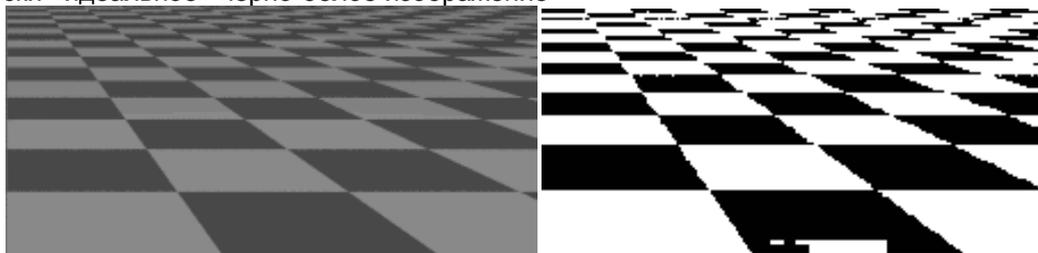


Рис.1.(Fig.1.) Изображение типа «Шахматная доска» показывает возможности алгоритма статистической сегментации. (Image «chess board» shows the capabilities of the “statistical segmentation” algorithm.)

Пример 2. На Рис.2. представлены фотографии дефектов на тканевых поверхностях. При обработке изображения методом статистической сегментации еле заметные глазу дефекты четко проявляются. Кроме того, видна текстура материала. Последующая обработка с помощью сглаживающего фильтра дает четкое изображение дефекта.



Рис.2. (Fig.2) Обнаружение дефектов поверхностей. (Surface defect detection.)

Пример 3. На Рис.3. представлены реальные фотографии с электронного микроскопа из области молекулярной биологии. Метод статистической сегментации позволяет получить хорошие результаты при сегментации низко контрастных и различно освещенных объектов.

Заключение.

На основе результатов исследований по обработке изображений, разработан алгоритм статистической сегментации, который используется для предварительной обработки изображений в системе STIPR-2000. Результаты тестирования показали возможность применения алгоритма к широкому классу изображений с получением удовлетворительных результатов, которые невозможно получить статическими методами сегментации. Использование алгоритма в системе STIPR-2000 позволило повысить качество распознавания за счет повышения качества предварительной обработки. Полученные результаты дают возможность рекомендовать использование алгоритма в других робототехнических системах и системах распознавания образов.

Источники.

1. Гостев И.М. «Программный комплекс по обработке изображений и распознаванию образов» Тезисы доклада на 3-ей Международной конференции Цифровая обработка сигналов и ее применение. V2. Москва. 2000.
2. Гостев И.М. «Алгоритм бинаризации полутоновых изображений с использованием динамических порогов». Российский университет дружбы народов Труды XXXV Всероссийской научной конференции по проблемам физики, химии, математики, информатики и методики преподавания Москва 2000г.

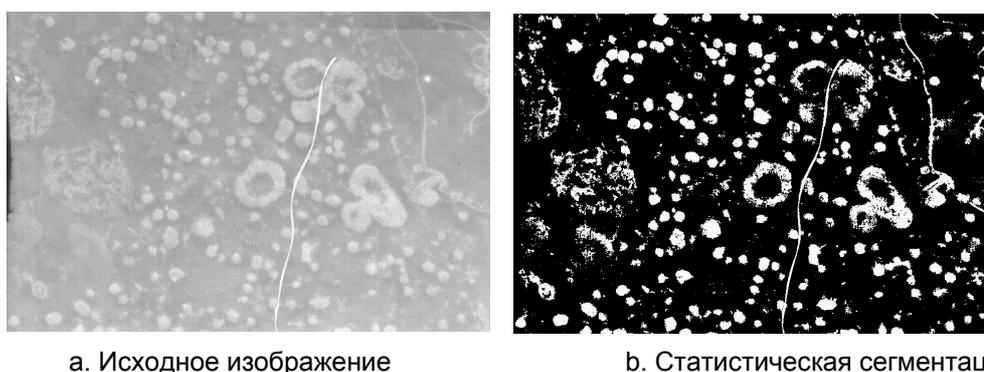


Рис.3. (Fig.3.) Снимки электронного микроскопа. Низко контрастное изображение с переменными уровнями яркости и контрастности. (Electron micrographs of a somatic nucleus. Low contrast image with the variable luminosity and contrast values.)



THE METHOD OF IMAGE STATISTICAL SEGMENTATION

Gostev I., Popenko I.

Russian university of people friendship.
e-mail igostev@sci.pfu.edu.ru, ramatahatta@comtv.ru

Abstract. At the report we introduce the image segmentation method for system pattern recognition STIPR 2000.

Introduction.

Segmentation method based on static threshold does not provide high-quality results in STIPR 2000 system. Therefore we developed several new segmentation methods. The basic principle of these methods was the use of a dynamic threshold, which value depends on a statistical analysis of the image luminosity parameters. We present new algorithm named "statistical segmentation". It can be applied to the low contrast and high contrast images with high effectiveness.

Principle of operation.

At the first step an input values assignment occurs. The algorithm has two input values: window height and window width in pixels $M * N$. Window size can not exceed the image size.

At the second step the statistical analysis of the image parameters occurs. The whole image ($K * L$ in size) is dividing into fragments $M * N$. For each fragment mean luminosity value (mathematical expectation) and dispersion are calculated. The result of this step is a matrix with the dimensions $P * Q$ ($P = L / N$ rows and $Q = K / M$ columns).

At the third step a threshold for each image pixel is calculated. The image is scanning line by line from left to right and from top to bottom. At the same time all the fragments $M * N$ pixels, which were used at the previous step, are divided into 9 equal areas. The size of each array is $(M / 3) * (N / 3)$ pixels. While scanning the image, the algorithm determines, which fragment the current pixel belongs to and which of nine areas of this fragment the current pixel belongs to. Afterwards the threshold is calculated. The threshold for the pixel belonging to the image fragment (p, q) , is calculated by formula: $Thres = M + \alpha * D$, where:

$$M = k1 * M(p-1, q-1) + k2 * M(p-1, q) + k3 * M(p-1, q+1) +$$

$$k4 * M(p, q-1) + k5 * M(p, q) + k6 * M(p, q+1) +$$

$$k7 * M(p+1, q-1) + k8 * M(p+1, q) + k9 * M(p+1, q+1);$$

$$D = k1 * D(p-1, q-1) + k2 * D(p-1, q) + k3 * D(p-1, q+1) +$$

$$k4 * D(p, q-1) + k5 * D(p, q) + k6 * D(p, q+1) +$$

$$k7 * D(p+1, q-1) + k8 * D(p+1, q) + k9 * D(p+1, q+1);$$

$M(p, q)$ и $D(p, q)$ – mathematical expectation and dispersion of luminosity from matrix (P, Q) for the image fragment (p, q) , α – constant value, by default 0.1, $k1 - k9$ – numeric coefficients which values change depending on the area of the image fragment (p, q) , which current pixel belongs to table in Russian part report. Coefficients sum for each area equals 1.

A critical analysis of the algorithm.

The "statistical segmentation" method can process images with different contrast and luminosity values with high effectiveness due to the help of luminosity matrix and dynamic threshold calculation. High sensitivity of the method allows us to use it for defects determination on the image.

The implementation of an algorithm in STIPR 2000 system is made so that the size of the window is determined automatically on the basis of etalon object size. Thus this method doesn't need any input parameters. Only in some rare cases a manual parameters definition is needed.

The disadvantage of the method is a high amount of noise objects after processing because of high sensitivity of the method. Furthermore, it is necessary to keep in memory N image lines (all other algorithms in STIPR2000 system use only three lines for calculation). Also disadvantage of the method is appearance negative blobs on monotonic image frame, if its size is largest size of $M * N$ area.

Examples.

There are tree example for illustrate operation property of the algorithm See Fig 1, 2, 3 in Russian text of report.

Conclusion.

The “statistical segmentation” algorithm developed on basis of our investigations was used for the prior image processing stage in the STIPR 2000 system. The tests showed that the algorithm could be applied to the wide class of images with high effectiveness. It would be impossible to achieve such results with the static segmentation methods. The use of “statistical segmentation” in STIPR 2000 system increases the quality of recognition due to prior image processing improvement. The results of testing allow us to recommend the use of this algorithm in the other robot systems and image recognition systems.