

УДК 681.5.01

Р.А. Томакова, А.А. Насер

**МНОГОСЛОЙНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАТОРЫ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОСЕКМЕНТИРУЕМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ***

Данная статья посвящена вопросам сегментации сложноструктурированных изображений, когда на границе двух сегментов осуществляется не резкий переход от одного распределения яркостей к другому. Предложен новый способ сегментации сложносекментируемых изображений, заключающийся в выборе составного структурообразующего элемента. Рассматривается вывод решающих правил для формирования многослойных изображений, которые получены путем обработки исходного изображения морфологическими операторами. Морфологические операторы основаны на структурообразующих элементах, которые формируют составной структурообразующий элемент. Рассматриваются последующие использования морфологической операции многослойного объединения полученных многослойных изображений.

Сегментация; классификация; морфологическая обработка изображений.

R.A. Tomakova, A.A. Nasser

**MULTILAYER MORPHOLOGICAL OPERATORS TO HANDLE DIFFICULT
TO SEGMENTATION IMAGES**

This article is devoted to the issues of the segmentation of complex structured images, when on the border of two segments are not sharp transition from one distribution of brightness to another. A new method of segmentation difficult to сегментуемых images, which consists in the selection of compound fabric element. The conclusion is examined decision rules for the formation of a multi-layer image, obtained by processing the source image morphological operators. Morphological operators are based on the structure forming elements, which form an integral structure-forming element. Considered the next morphological operations of multi-Association of the received images.

Segmentation; classification; morphological processing of images.

Основной задачей при классификации изображений и принятия решений на ее основе является сегментация. Наиболее распространенными способами сегментации являются пороговая обработка, которая может проводиться над исходным полутоновым изображением или над изображением, полученным после градиентной обработки.

Несмотря на простоту технической реализации таких способов обработки, при их практической реализации возникает проблема выбора порога (порогов) дискриминации, на основе которого полутоновое изображение преобразуется в бинарное [1, 2].

Эта проблема акцентируется в случае сегментации изображений, когда на границе двух сегментов осуществляется не резкий переход от одного распределения яркостей к другому, а постепенный переход. Так как в образовавшейся таким образом переходной области характер яркостных характеристик пикселей не является стационарным, то переходную область весьма сложно представить в виде дополнительного сегмента. В связи с этим целесообразно ввести локальный оператор обработки изображения, работа которого была бы аналогична фильтрующей маски – свертки и который позволил бы ликвидировать переходную область за счет присоединения ее пикселей к смежным сегментам или значительно сократить ее размеры. Так как на результаты обработки большое влияние оказывает структура пе-

* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (контракт № 424).

реходной области и вид распределения яркостей пикселей в ней, то целесообразно использовать морфологические операторы [1].

Поставленную задачу решаем, используя, новый морфологический оператор. Как принято в морфологическом анализе, сначала введем его на бинарном изображении.

Сформируем линейный структурообразующий элемент B , характеризующийся тремя параметрами p, θ, N , т.е. $B(p, \theta, N)$, где p – координаты центрального элемента структурообразующего элемента, θ – ориентация оси линейного структурообразующего элемента относительно растра изображения, N – число элементов в структурообразующем элементе (N – нечетное число).

В результате наложения структурообразующего элемента с центром в пикселе p B^p на изображение F получим множество

$$D^p = F \cup B^p \mid \forall d_i \in D^p \ d_i = \sup D^p, \ i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Применение морфологической операции (1) вызывает многократные переходы пикселей тзображения из состояния 1 в 0 и обратно. Символом Υ отмечаются элементы исходного изображения, которые переходят из состояния 0 в состояние 1. Тогда символ \square соответствует двукратному переходу элемента из состояния 0 в состояние 1, т.е операцию перехода этого элемента реализовали два оператора B_p , имеющие различное значение параметра θ .

Таким образом, вводится новый атрибут пикселя, а именно кратность перехода из состояния 0 в состояние 1 или наоборот. Очевидно, что этот атрибут будут иметь только те пиксели, состояние (атрибут яркости) которых изменилось в результате морфологической обработки. Кратность перехода будем указывать в показателе степени состояния (числа), в которое был выполнен переход в результате морфологической обработки, например, $1^1; 1^3; 0^2$ и т.п. Чтобы различать кратность перехода в 0 и 1 будем кратности переходов в 0 записывать как отрицательное число, а кратности перехода в 1 как положительные, т.е. $1^3, 1^4, 0^{-1}, 0^{-3}$ и т.д.

Введем понятие составного структурообразующего элемента.

Определение 1. Составным структурообразующим элементом назовем структурообразующий элемент \bar{B} , результат взаимодействия которого с бинарным изображением F вычисляется как

$$F \wedge \bar{B} = \bigcup_{\theta}^{R=2} F \wedge B(\theta), \quad \theta = 1, \dots, \Theta, \quad (2)$$

где \wedge – символ морфологической операции; θ – параметр линейного структурообразующего оператора; $B(\theta)$ – линейный структурообразующий оператор; Θ – число линейных структурообразующих операторов, входящих в составной структурообразующий оператор; $\bigcup^{R=2}$ – многослойная операция объединения множеств, R – число слоев в многослойной операции объединения множеств.

Определение 2. Многослойным множеством, назовем множество, каждый элемент которого имеет несколько атрибутов, над множеством которых могут выполняться логические или алгебраические операции как над отдельными множествами.

Определение 3. Многослойная операция объединения множеств $\bigcup^{R=2}$ определим как операцию над двухслойными множествами типа $\{c_{ij}^m\}$, где $c=1$ или 0 , m – кратность перехода, при этом в слое m осуществляется операция алгебраического сложения $m_{ij} = m_{ij1} + m_{ij2}$, а в слое c осуществляется следующая логическая операция:

$$\begin{cases} \hat{c}_{ij} = 1, & \text{если } m > 1; \\ \hat{c}_{ij} = 0, & \text{если } m < 0; \\ \hat{c}_{ij} = c_{ij} \vee c_{ij2}, & \text{если } m = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где \hat{c}_{ij} – новое значение атрибута яркости; c_{ij} – старое значение атрибута яркости.

Аналогично оператору (1) вводится морфологический оператор

$$D^p = F \cap B^p \mid \forall d_i \in D^p \quad d_i = \inf D^p, i = 1, \dots, N. \quad (4)$$

Граница описывается множеством G , полученным в результате многослойной операции объединения результатов многослойной операции:

$$G = \bigcup_{R=4}^{R=4} (\bigcup^{R=2}(\theta_0), \bigcup^{R=2}(\theta_1), \bigcup^{R=2}(\theta_2), \bigcup^{R=2}(\theta_3)).$$

Определение 4. Многослойным морфологическим оператором назовем морфологический оператор, в основе которого положен составной структурообразующий элемент и операция многослойного объединения множеств.

Таким образом, составной морфологический оператор включает некоторую последовательность морфологических операций над изображением, причем в начале эта последовательность морфологических операций осуществляется над одним и тем же исходным изображением, в результате чего получаем изображения, которые назовем слоями, а затем осуществляются морфологические операции над полученными слоями.

При этом изображения, полученные в результате многослойной морфологической операции, могут использоваться как слои в последующей многослойной морфологической операции. Наиболее наглядно преимущество такого подхода демонстрирует сегментация сложносегментируемых изображений.

Для решения задачи сегментации изображений с нечеткими границами сегментов используем многослойный морфологический оператор, слои в котором формируются следующим образом. Составной структурообразующий элемент многослойного морфологического оператора формируется из линейных структурообразующих элементов. При помещении структурообразующего элемента \bar{B} в пиксель бинарного изображения F , линейный структурообразующий элемент θ_k разбивает множество пикселей $F \cap \{\bar{B}_p\}$ на три подмножества:

- 1) $A1 = \{F \cap B_p(\theta_k)\};$
- 2) $A2 = \{F \cap \{\bar{B}_p \setminus (\theta_k) \cup \{b_p^{qs}\}\}\};$
- 3) $F \cap \{\bar{B}_p \setminus \{B_p(\theta_k) \cup \{b_p^{lk}\}\}\};$

где $N > q > 1$; $s < q$; $N > \ell > 1$; $k > \ell$.

Таким образом, предложен новый способ сегментации сложносегментируемых изображений, заключающийся в выборе составного структурообразующего элемента, выводе решающих правил для формирования многослойных изображений, полученных путем обработки исходного изображения морфологическими операторами, основанными на структурообразующих элементах, формирующих составной структурообразующий элемент и последующего использования морфологической операции многослойного объединения полученных многослойных изображений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде Matlab. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
2. Филист С.А., Томакова Р.А., Горбатенко С.А. Анализ гистологических изображений посредством морфологических операторов, синтезированных на основе преобразования Фурье и нейросетевого моделирования // Биотехносфера. – 2010. – № 3 (9). – С. 54-60.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.А. Бурмака.

Томакова Римма Александровна – Юго-Западный государственный университет; e-mail: tomakova@rambler.ru; 305040, г. Курск, 50 лет Октября, 94а; тел.: 84712587098; кафедра биомедицинской инженерии; к.т.н.; доцент.

Насер Адел Абдулсалам – e-mail: SFilist@gmail.com; кафедра биомедицинской инженерии; аспирант.

Tomakova Rimma Alexandrovna – South-West State University; e-mail: tomakova@rambler.ru; 94, 50 let Oktyabrya, Kursk, 305040, Russia; phone: +74712587098; the department of bio-medical engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

Nasser Adel Abdulsalam – e-mail: SFilist@gmail.com; the department of bio-medical engineering; postgraduate student.

УДК 616.8-073.7:004.9

А.В. Томашвили, А.А. Индюхин

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДИАГНОСТИКИ
ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ**

Приведена структура и математическая модель реализованного программного обеспечения для исследования совокупности зрительных и когнитивных реакций испытуемого. Модифицирован способ регистрации единичных реализаций вызванных потенциалов методом обработки электроэнцефалограммы фильтром с переменными параметрами. Указаны рекомендуемые значения параметров системы, оптимизирован цифровой фильтр. Отработана методика обработки и представления результатов экспериментов. Для двух пациентов приведены топографические карты распределения латентности пиков зрительных и когнитивных вызванных потенциалов по отведениям электроэнцефалограммы. Намечены направления дальнейших исследований.

Электроэнцефалограмма; вызванный потенциал; программно-аппаратный комплекс.

A.V. Tomashvili, A.A. Indyukhin

**HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF DIAGNOSTICS OF THE EVOKED
POTENTIALS**

The structure and the mathematical model of the implemented software for an exploring of the complex of visual potentials and cognitive reactions of a patient is represented. The way of registration of single realizations of the evoked potentials by the method of electroencephalogram processing by a filter with changing parameters is modified. There were pointed the recommended parameters of the system and the digital filter is optimized. The method of processing and representation of the results of the experiments is done. For two patients there were represented the topographic cards of the disposition of the latency of peaks of the visual and cognitive evoked potentials between the points of electroencephalogram. The directions of further researches are planned.

Electroencephalogram; the evoked potential; hardware-software complex.