

Рафальский Андрей Сергеевич
E-mail: rafalskiy_andrey@sibmail.com.

Евтушенко Геннадий Сергеевич
E-mail: ime@tpu.ru.

Zhoglo Ekaterina Vladimirovna
National Research Tomsk Polytechnic University.
E-mail: zhoglo@sibmail.com.
30, Lenina av., Tomsk, 634050, Russia.
Phone: +73822419605.

Aristov Alexander Alexandrovich
E-mail: aristov@tpu.ru.

Rafalsky Andrei Sergeevich
E-mail: rafalskiy_andrey@sibmail.com.

Evtushenko Gennady Sergeevich
E-mail: ime@tpu.ru.

УДК 681.5.01

А.П. Белобров, С.А. Борисовский, Р.А. Томакова

**НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ
ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БИОМЕДИЦИНСКИХ
СИГНАЛОВ**

Предлагается способ сегментации полутоновых изображений, основанный на расширении признакового пространства за счет морфологических операторов и последующим его сжатию путем использования многослойной нейронной сети, реализующей операцию двумерной свертки и пороговой обработки.

Медицинское изображение; сегмент; морфологический оператор.

A.P. Belobrov, S.A. Borisovsky, R.A. Tomakova

**NEURAL NETWORK MODELS OF MORPHOLOGICAL OPERATORS
FOR SEGMENTATION OF IMAGES OF BIOMEDICAL SIGNALS**

In work the way of segmentation of the half-tone pictures, based on expansions space of signs at the expense of morphological operators and the subsequent its compression by use of the multilayered neural network realising operation of two-dimensional convolution and threshold processing is offered.

The medical image; a segment; the morphological operator.

В задачах обработки изображений в медицине выделение объектов предшествует этапу количественных оценок их характеристик, таких, как их размеры, форма, взаимное расположение, ориентация и т.д. Таким образом, в области обработки изображений весьма актуальной является задача сегментации, т.е. разделения изображения на области, принадлежащие разным объектам или их частям, с целью последующего выделения искомого объекта или определения характерных параметров выделенной области. Большинство развиваемых алгоритмов сегментации основывается на анализе локальных свойствах самого изображения. Задача сегментации в них ставится обычно как статистическая задача, главной целью которой является группирование между собой пикселей, которые семантически связаны [1].

Развитие электроники и вредность условий работы стимулируют повышенное внимание к цифровому анализу биомедицинских изображений. Однако сложности в получении качественных изображений гистологических объектов значительно тормозят развитие этой отрасли.

Автоматизация анализа гистологических структур ускоряет диагностику заболеваний, позволяет расширить границы научных поисков в медицине. Автоматическое измерение параметров гистологических объектов даёт возможность уточнить лечение и управление терапевтическими процессами. Одной из главных частей автоматизации измерения оптических и геометрических параметров является выделение объектов на гистологических препаратах. Эта задача решается с помощью методов и средств цифрового анализа изображений.

Задачей сегментации является синтез решающего правила, которое позволяет определить, принадлежит ли исследуемый пиксель к искомому сегменту. В качестве такого решающего правила может быть выбраны две последовательные процедуры: фильтрация или оконное преобразование и пороговая обработка. В случае линейной фильтрации первая процедура формализуется согласно выражению:

$$u_{ij} = \sum_{\gamma=0}^{K-1} \sum_{\beta=0}^{L-1} w_{\gamma\beta} x_{i-\text{int}(K/2)+\gamma, j-\text{int}(L/2)+\beta}, \quad (1)$$

где $w_{\gamma\beta}$ – весовые коэффициенты маскирующей последовательности, x_{ij} – яркость пикселя с коэффициентом ij , $K \times L$ – размер фильтрующей маски.

Вторая процедура сегментации выполняется согласно выражению:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } f(u_{ij}) \geq T_{\text{пор}}, \\ 0, & \text{если } f(u_{ij}) < T_{\text{пор}}, \end{cases} \quad (2)$$

где u_{ij} – ij -й элемент бинарного изображения искомого сегмента, $f(u_{ij})$ – некоторое нелинейное преобразование, $T_{\text{пор}}$ – весовой коэффициент поляризации, подбираемый эмпирически или устанавливаемый на основе разведочного анализа.

Однако использование процедуры (1) при поиске сегментов дает неоднозначные результаты, так как эффективность выделения сегмента зависит не только от величины весовых коэффициентов, входящих в маску, но и от ее структуры и размерности. В общем случае размер маски должен соответствовать размерам минимальных сегментов, выделяемых на изображении, а ее структура должна адаптироваться к топологии границ сегмента.

Для поиска пикселя, соответствующего границе искомого сегмента, используем универсальную маску с топологией, показанной на рис. 1, в которой выделено четыре стандартных направлений, привязанных к географической карте. В принципе, число направлений может быть выделено больше, но для этого необходимо увеличивать размер маски.

Любой пиксель, принадлежащий кадру изображения, может стать активным, то есть оказаться в центре маски (рис. 1). Каждому из четырех выделенных направлений на рис. 1 соответствуют восемь масок, у которых единицами заполнены коэффициенты, находящиеся выше прямой, проходящей через активный пиксель перпендикулярно следу выбранного направления, а минус единицами – коэффициенты ниже этой прямой. На рис. 2 приведены примеры масок, для следа С-В (а) и следа Ю-В (б). Серым цветом выделена зона маски с отрицательными коэффициентами.

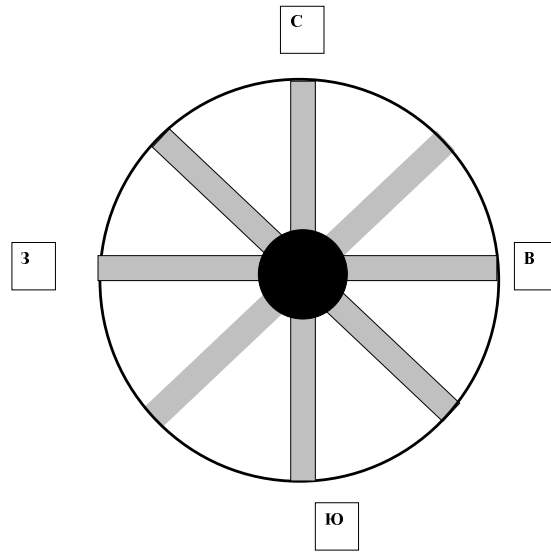


Рис. 1. Фильтрующая маска в форме диска с четырьмя выделенными направлениями адаптации

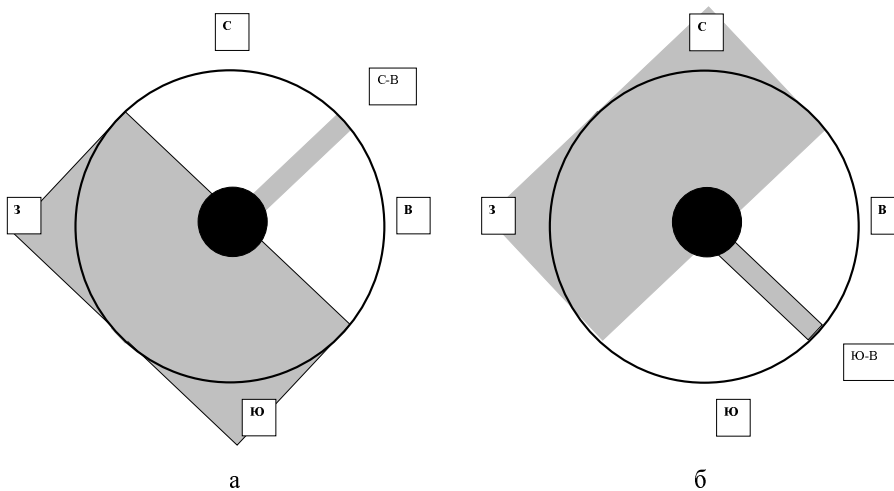


Рис. 2. Фильтрующая маска в форме диска с четырьмя выделенными направлениями адаптации

Таким образом, каждый пиксель изображения описывается восемью числами, соответствующими топологии выбранной маски. Если масок восемь (рис. 1), то для перехода в новое пространство информативных признаков необходимо к каждому активному пикселю восемь раз применить преобразование (1) с учетом того, что

$$\{W_k\}, k=1, 2, \dots, 8 \tag{3}$$

и каждому ij -му пикселю ставится в соответствие множество $\{u_k\}$.

Для выбора доминирующего направления, за которое «голосует» данный пиксель, из множества $\{u_k\}$ выбирается максимальный элемент, после чего про-

водится пороговая обработка согласно (2). Недостаток такого подхода связан с тем, что он не учитывает направления, за которые «голосуют» соседние пиксели. Чтобы учесть этот недостаток, необходимо синтезировать морфологический оператор, который учитывал бы как топологию сегмента, так и позволял настраиваться на определенную топологию. Поэтому, вместо решающего правила выбора направления ζ , за которое «голосует» сегмент, согласно которому

$$\zeta = \arg \max_{k=1,2..8} \{u_k\}, \quad (4)$$

используется решающее правило

$$s_{ij} = \arg \max_{k=1,2..8} \left\{ \frac{1}{M \cdot N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N h_{mn\zeta} u_{i-\text{int}(N/2)+n, j-\text{int}(M/2)+m, \zeta} \right\}, \quad (5)$$

которое позволяет учесть направления в соседних пикселях. При этом размер маски в (5) не обязательно совпадает с размером маски в (1).

Структура масок в (5) определяется множеством $\{H_k\}$, которое синтезируется либо по топологическим направлениям, согласно рис. 1, либо путем обучения нейронной сети, при условии, что нейронная сеть работает в качестве бинарного классификатора, отвечая на вопрос, принадлежит ли данный пиксель заданному сегменту [2].

В качестве примера на рис. 3 приведены результаты обработки гистологической структуры. На рис. 3,а показано исходное изображение. На рис. 3,б показано изображение, полученное после обработки изображения рис. 1,а морфологическим оператором (5).

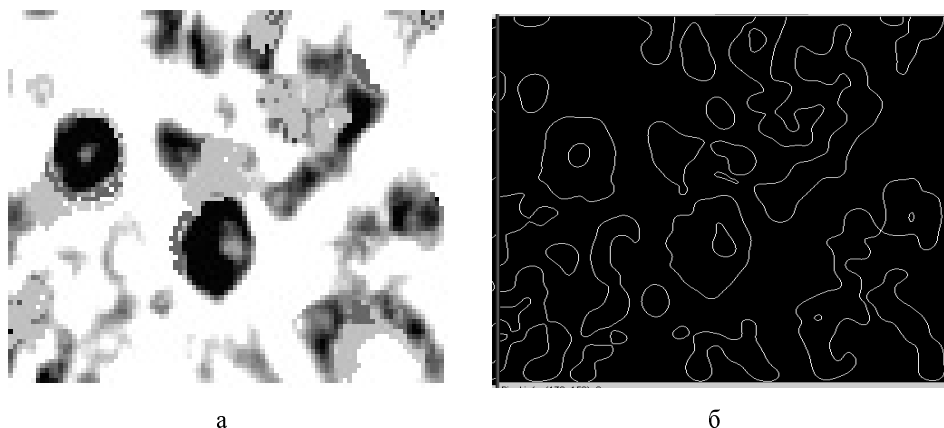


Рис. 3. Сегментация клеток посредством адаптивной морфологической фильтрации: а – исходное изображение; б – изображение после обработки адаптивным морфологическим оператором

Нейронная сеть, выполняющая процедуру (5), настраивалась на сегменты в виде замкнутого контура, получаемого в результате случайных деформаций окружности.

Исследования выполнены при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гонсалес, Р.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эдинс. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
2. *Филист С.А., Пихлап С.В., Томакова Р.А.* Нечеткие нейросетевые структуры для сегментации изображений глазного дна // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж, 2009. – Т. 5, № 4. – С. 42-45.

Белобров Андрей Петрович

Борисовский Сергей Александрович

Томакова Римма Александровна

ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет».

E-mail: SFilist@gmail.com

305040, г. Курск, ул. Челюскинцев 19, к. Б.

Тел.: 84712587098.

Belobrov Andrey Petrovich

Borisovsky Sergey Aleksandrovich

Tomakova Rimma Aleksandrovna

SEI HVT "Kursk state technical university".

E-mail: SFilist@gmail.com

19, Cheljusintsev street, the case B, Kursk, 305040, Russia.

Phone: +74712587098.

УДК 61:681

О.Г. Берестнева, К.А. Шаропин, А.В. Старикова, Л.И. Кабанова

**ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ В МЕДИЦИНСКИХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ***

Рассматриваются вопросы, связанные с технологией формирования баз знаний в медицинских информационных системах, а именно вопрос заполнения базы знаний логическими правилами в виде продукции.

Медицинские информационные системы; методы Data Mining; производственные модели.

O.G. Berestneva, K.A. Sharopin, L.I. Kabanova, A.V. Starikova

**TECHNOLOGY OF KNOWLEDGE BASE DEVELOPMENT FOR MEDICAL
INFORMATION SYSTEMS**

The questions connected with technology of knowledge base development for medical information systems are considered in this article. Filling of knowledge base with logical rules in a form of production model is considered in details.

Medical information systems; methods of Data Mining; production models.

Основным побудительным мотивом работы по внедрению компьютерных технологий в систему здравоохранения является высокая общественная значимость улучшения ситуации в этой сфере, включая повышение качества и скорости лечения, снижение затрат на предоставление услуг и приобретение эффективных средств обеспечения соответствия нормативным документам и прочим требованиям. Врачи консультируют пациентов on-line, диагностическая аппаратура оснащена мощными процессорами, конференции и консилиумы проводятся через интер-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-06-00313а).