

# **ОЦЕНКА ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛОНИИ КЛЕТОК**

**И. Н. Губчик, Н. Н. Иванов**

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

В данной работе представлена автоматизированная система обнаружения и подсчета количества клеток на цветном изображении, полученном при фотографировании на конфокальном микроскопе. Решаются задачи фильтрации, сегментации и выделения отдельных объектов на изображении.

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Заболевания, поражающие клетки ткани, могут быть визуализированы либо в форме цитологических изменений морфологии клеток, либо сдвигами распределения разных типов клеток. Количественный состав и морфология клеток являются достаточно достоверными показателями заболевания. Кроме того, исследования клеток в развитии дает исключительно важную информацию для некоторых болезней. Траектория движения клетки, ее скорость, частота деления также могут дать существенный вклад в диагностику патологии ткани [1]. Данная работа направлена на визуальную обработку именно динамических изменений популяции клеток. Объектом исследования являются цветные изображения колоний биоклеток, полученные при цифровом микрофотографировании. Инструментом анализа являются алгоритмы сегментации, фильтрации, выделения объектов на исходных изображениях и отслеживания траекторий движения отдельных клеток.

Основным отличием работы является комплексное использование различных алгоритмов и методов обработки изображений колоний биоклеток, при этом используются совокупность известных методов модифицированных для конкретной задачи. Методы были реализованы на программном комплексе Matlab.

При решении задач такого класса в общем случае применяют следующую структуру диагностической системы: 1) получение изображения; 2) предварительная обработка изображения; 3) сегментация объектов; 4) мониторинг развития объектов; 5) графическая схема развития колонии; 6) анализ развития колонии.

## 2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Предварительная обработка данных является необходимым этапом анализа изображений. Целью фильтрации является очистка изображений от шумов. Здесь применялся фильтр Гаусса с дисперсией от 2 до 6 в зависимости от зашумленности и размера изображения. Нормализация приводит изображения объектов на рисунке к «стандартному» виду, который во многом зависит от предпочтений исследователя. В работе применялся распространенный вид нормализации на основе анализа гистограммы изображения. Кроме того, были заданы пороги серого цвета, которые удалили дополнительные случайные шумы.

## 3. МЕТОДЫ СЕГМЕНТАЦИИ КЛЕТОК

Многие методы выделения контуров используют градиенты. Они обнаруживают скачки интенсивности цвета, то есть распознают ступенчатое изменение на изображении. По этой причине модуль градиента используют для выделения границ. Имеется набор матриц для вычисления градиентов. Широко применяются вертикальная и горизонтальная матрицы Превитта размерности 3x3 [2]. Они выделяют изменение яркости цвета (производные) вдоль каждой оси, затем по этим производным оценивается длина градиента. Известны фильтры Собеля, выделяющие контуры [3]. Однако такие подходы не дали удовлетворительного результата на наших данных, поэтому в нашей работе скачки цвета выявлялись оператором свертки

$$G(x,y) = \int_{(T_1, T_2) \in D(x,y)} h(r_1, T_2) I(x-m_1, x-T_2) dT_1 dr_2 \quad (1)$$

с гауссовским ядром специального вида. Окрестность  $D(x,y)$  выбиралась в виде круга с радиусом 3. Результатом вычисления выражения (1) по всем пикселям рисунка являются числа, близкие модулю градиента в данном пикселе. Для исходных данных, используемых в работе, применение такого оператора позволило четко выделить границы клеток, избегая пересечений и обрывов границ.

После сегментации клеток была проведена бинаризация изображения с заливкой клеток, при этом возможно использование четырех цветов заливки, однако более удобной оказалась нумерация клеток.

Для клетки, граница которой оказывается незамкнутой, был разработан метод замыкания, основанный на направленном обходе граничных пикселей.

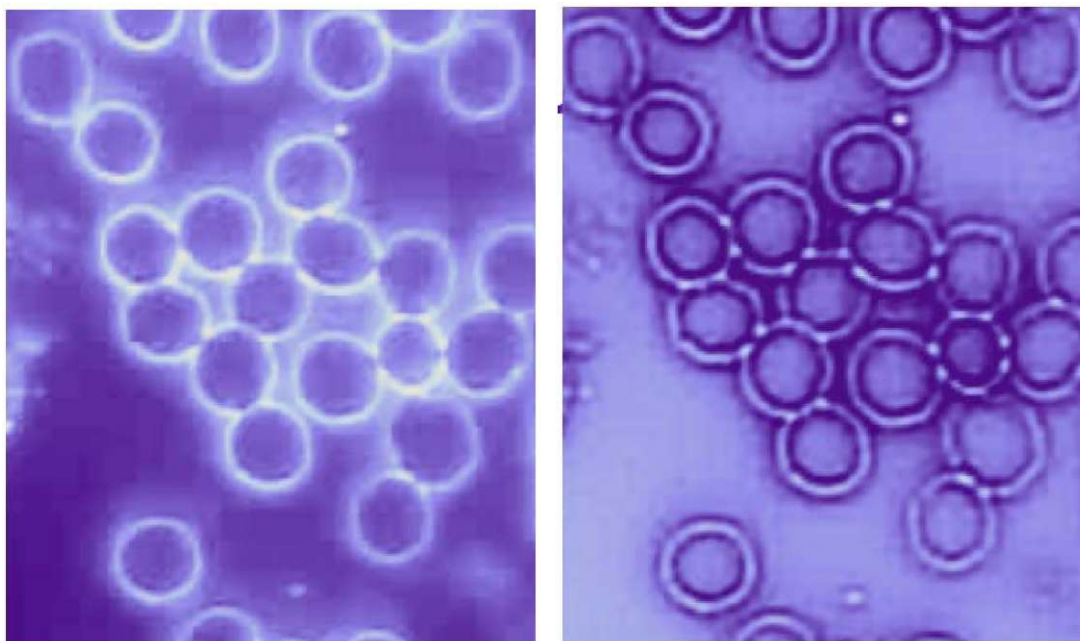


Рис. 1. Изображение колонии клеток до и после сегментации

#### 4. МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ КОЛОНИИ

В работе предполагается, что колония состоит из клеток одного вида, которые передвигаются, делятся, погибают. Кроме того, будем считать, что мониторинг колонии выполняется техническим фотографированием с заданным интервалом  $T$ , достаточным для того, чтобы клетка на последующем снимке не вышла за пределы области предыдущего снимка, допустимой для ее идентификации. Так, если популяция клеток настолько плотная, что они касаются друг друга, то за время  $T$  клетка может переместиться менее, чем половину площади, которую она занимала на предыдущем снимке. В некоторых специальных случаях, например, если клетка имеет свою специфическую форму или текстуру, в выборе специального интервала  $T$  нет необходимости.

При корректном задании интервала  $T$  совмещением последовательных снимков нетрудно найти следующую позицию клетки.

Работа выполнялась в рамках проекта Ф09-152 Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований.

#### Литература

1. Cheng, J. Joint Tracking of Cell Morphology and Motion / J. Cheng, Heidelberg : Springer, 2009.
2. Pratt, W. Digital image processing / W. Pratt, New York : Wiley, 2007.
3. Jahne, B. Digital Image processing / B. Jahne, Berlin: Springer, 2005.