

УДК 004.932.2

А.В. Гороховатский<sup>1</sup>, Е.О. Передрий<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский национальный экономический университет<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Предложен многоэтапный подход к обработке цифровых изображений на основе использования последовательности методов улучшения, бинаризации и сегментации. Исследовано влияние отдельных этапов на результат обработки, компьютерные эксперименты подтвердили эффективность подхода.*

**Ключевые слова:** сегментация, нормализация изображения, разметка связанных областей, определение параметров объектов.

### Введение

Существующие технологии обработки цифровых изображений позволяют решать достаточно сложный спектр практических задач идентификации, сегментации, измерения, распознавания и т.п. Большинство реальных задач автоматизации технологических процессов связано с трудностями вследствие сложности анализируемой сцены, которая подвержена яркостным и другим искажениям. Основной проблемой известных программных продуктов обработки микроскопических изображений (Image J, iTEM, Altami) является процесс бинаризации, который трудно поддается автоматизации, обработка часто выполняется пользователем вручную. Автоматическая обработка даже подклассов изображений актуальна для систем анализа биологических изображений различной природы и компьютерного зрения в целом.

Цель и задачи исследования – разработать метод автоматического анализа и измерения размера визуальных объектов субстанции лекарственного препарата для оценки их количественного представления в смеси.

Научная новизна – предложен многоэтапный подход к решению задачи измерения характеристик видео-объектов, который автоматизирует процесс анализа изображений, характеризующихся визуальной оцениваемой делимостью объектов. Способ включает этапы бинаризации, сегментации, очистки изображения, поиска связанных объектов и измерения их параметров.

### Предобработка микроскопического изображения

Бинаризация входного полноцветного изображения – ключевой шаг предварительной обработки вследствие того, что здесь определяется класс пикселя: «частица» – «не частица». Удачной считается бинаризация, которая гарантирует сегментацию всех

визуально различимых объектов интереса. На рис. 1, а показан пример слипшихся частиц, которые должны быть разделены для корректного измерения их параметров. Рис. 1, б иллюстрирует проблемную ситуацию, при которой цветовое наполнение внутренней частицы совпадает с яркостью фона, что оставляет лишь возможность анализа ее контура.

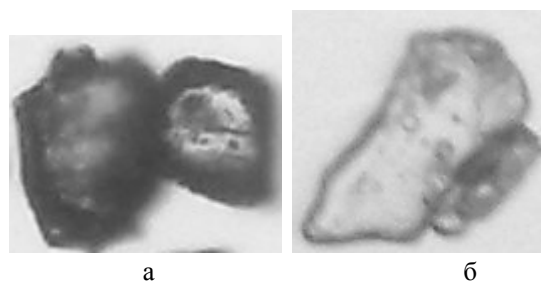


Рис. 1. Проблемные ситуации при бинаризации

Для решения подобных проблем применим цепь преобразований изображения: улучшение, бинаризация, измерение и формирование отчета.

Первоначальное RGB-изображение преобразовывается в greyscale-палитру с использованием стандартных коэффициентов трансформации [1] согласно выражению:

$$\text{Grey} = 0.2989R + 0.5870G + 0.1140B.$$

Улучшение изображения состоит в нормировке его гистограммы с помощью известных методов [1], конкретно выбор метода зависит от особенностей задачи, например, нами было использовано линейное растяжение гистограммы на весь допустимый яркостный диапазон.

Вследствие необходимости отнесения пикселя к объекту либо фону выполним бинаризацию изображения В, получив его двуцветный образ ВI:

$$\text{BI} = \begin{cases} 1, & B(i,j) < \delta, \\ 0, & B(i,j) \geq \delta, \end{cases}$$

где  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ,  $N \times M$  – размеры изображения,

$\delta$  – порог бинаризации. Выбор  $\delta$  обосновывается путем экспериментальной проверки, поскольку изображения отличаются яркостными характеристиками (рис. 1). Порог бинаризации позволяет выделить нужные частицы и обеспечить их разделимость. На рис. 2 показаны этапы выполнения описанных шагов обработки. Значение порога составило 0,4 от максимальной яркости.

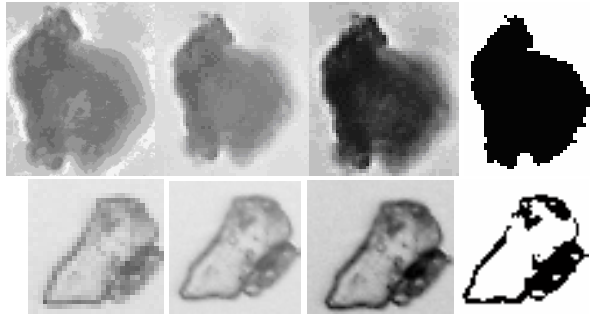


Рис. 2. Улучшение, сегментация и бинаризация

### Устранение дефектов и очистка

Известным подходом к решению проблем очистки изображения от шумов, устранения отверстий в объектах и их разделения есть математическая морфология [2, 3]. Параметрами регулировки работы морфологических операций являются размер скользящего структурного элемента и его форма. С учетом некоторой «округлости» входных частиц на изображении логичным является выбор формы элемента в виде окружности, ее радиус влияет на эффективность очистки изображения от шумовых компонент после бинаризации.

Существует 2 базовые морфологические операции: расширение (сложение, dilation, +) и сужение (вычитание, erosion, -) [2]. Формально они представляют собой объединение двух множеств, одно из которых является структурным элементом, а второе – обрабатываемым изображением. Действие этих преобразований с участием круглого структурного элемента показано на рис. 3.

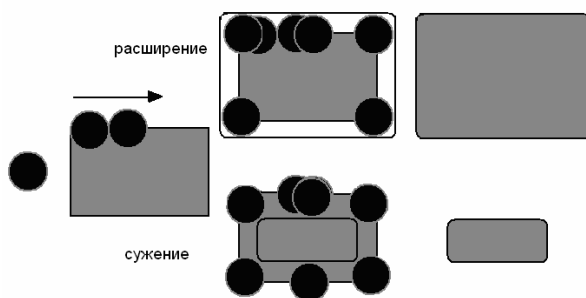


Рис. 3. Действие морфологических операций расширения и сужения

Комбинирование операций сужения и расширения позволяет построить набор других преобразо-

ваний. Часто используют операции закрытия и открытия изображений:

$$B \circ K = (B - K) + K, \quad B \bullet K = (B + K) - K.$$

Открытие изображения с круглым структурным элементом сглаживает контур, устраняет узкие соединения, острые края и незначительные помехи. Закрытие исключает отверстия, заполняет разрывы на контурах.

Для улучшения бинарного изображения используем комбинацию закрытия-открытия изображения, что также устраняет внутренние отверстия в частицах и шумы после бинаризации (рис. 4).

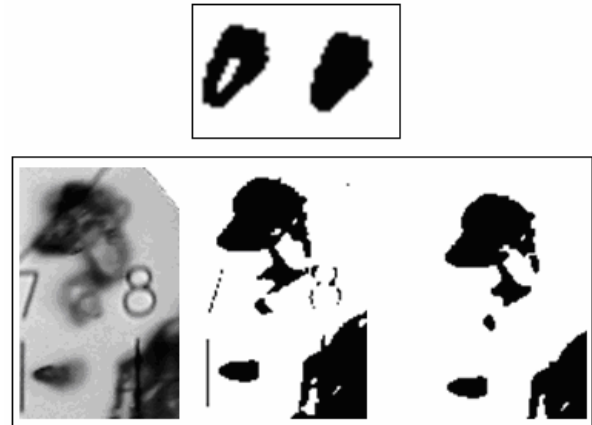


Рис. 4. Очистка от шумов

### Разметка связанных областей и масштабирование

Для разметки используем известный метод [2] на основе RLE-кодирования с последующим разбиением на классы эквивалентности. Результатом этого этапа есть матрица отдельно сгруппированных объектов с присвоенными каждому из них порядковыми номерами.

На следующем этапе измерим характеристики областей, что подразумевает получение геометрических характеристик размеров объектов: длина и ширина описывающего объект прямоугольника и значение большей оси эллипса ковариации каждой из областей интереса.

В целях учета особенностей каждого объекта для улучшения качества результатов анализа применим для каждого из выделенных объектов индивидуальные морфологические параметры обработки, что обеспечивает адаптацию системы под конкретный фрагмент изображения.

Вариационным параметром является размер структурного элемента для морфологической обработки, который поставлен в зависимость от площади выделяемого объекта.

С каждым из фрагментов изображения, содержащих частицу, выполняются операции эрозии и наращивания, что улучшает результаты бинаризации для каждого из объектов.

На рис. 5 показаны результаты адаптивной фрагментарной обработки.

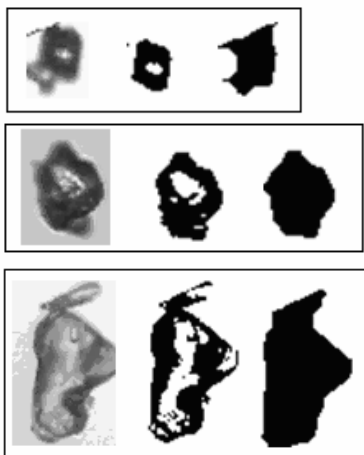


Рис. 5. Фрагментарное морфологическое улучшение объектов

Результаты морфологических операций напрямую зависят от порога бинаризации (рис. 6). Вверху на рис. 6 представлен результат фрагментарной обработки с порогом  $\delta = 0.4$ , внизу – при пороге  $\delta = 0.6$ .

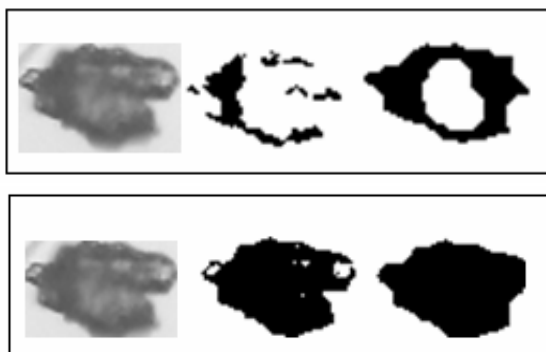


Рис. 6. Фрагментарное морфологическое улучшение объектов после бинаризации с параметром  $\delta = 0.4$  (слева) и  $\delta = 0.6$  (справа)

Далее для перехода к микрометрам производится масштабирование каждого из объектов в зависимости от шкалы «измерительной линейки», которая присутствует на изображении.

## Выводы

В статье предложен метод автоматического анализа и измерения размера объектов субстанции лекарственного препарата для оценки его количественных характеристик в смеси. Реализация предложенного метода в виде программного продукта в системе MATLAB позволяет определить удельное соотношение частиц разных размеров на цифровом изображении препарата.

Перспективы предложенного подхода заключаются в разработке устойчивого метода к разделению соприкасающихся частиц, что позволило бы повысить точность обработки и расширить класс автоматически обрабатываемых изображений. Открытой также остается проблема автоматического подбора порога бинаризации для анализируемого изображения.

## Список литературы

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. А.А. Богуславского под ред. С.М. Соколова. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
2. Haralick R.M. Computer and Robot Vision / R.M. Haralick, L.G. Shapiro // Addison-Wesley, 1992, Vol. 1. – 682 p.
3. Любченко В.А. Нахождение и нормализация объектов на изображениях, искаженных проективными преобразованиями на примере номерного знака / В.А. Любченко, Е.О. Передрий // Бионика интеллекта. – 2007. – №1(66). – С. 153-156.

Поступила в редколлегию 28.07.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.П. Машталир, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## АВТОМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ МІКРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

О.В. Гороховатський, О.О. Передрій

Запропоновано багатокроковий підхід для вирішення задачі обробки цифрових зображень на основі використання послідовності методів покращення, бинаризації та сегментації. Досліджено вплив окремих етапів на результат обробки, проведені комп'ютерні експерименти підтвердили ефективність запропонованого підходу.

**Ключові слова:** сегментація, нормалізація зображень, розмітка зв'язних областей, визначення параметрів об'єктів.

## AUTOMATIC ANALYSIS AND OBJECT PARAMETERS ESTIMATION ON MICROSCOPIC IMAGES

A.V. Gorokhovatskyi, Ye.O. Peredrii

In the article multistage method for digital image processing task based on sequence of image adjusting, binarization and segmentation methods is proposed. The every stage influence on the whole processing result was researched, computer modeling experiments have been shown the efficiency of the suggested approach.

**Keywords:** segmentation, image normalization, marking of connected areas, object parameters detection.