

УДК 58.087

В. С. Гришина,факультет естественно-научного образования,
Омский государственный педагогический университет
Научный руководитель: канд. биол. наук, доц. Н. В. Пликина

Автоматизированный анализ изображений при исследовании тканей и клеток растений

В статье рассмотрена возможность автоматизации анализа изображений. Предложен алгоритм проведения измерений и даны примеры использования автоматизации при проведении исследования.

Ключевые слова: автоматизация, анализ изображения, сегментация, водокрасовые, ImageJ.

Изучение количественных морфологических показателей клеток и тканей биологических объектов требует наличия достаточно большой выборки и, как следствие, проведения большого числа измерений. Такая работа отнимает у исследователя много времени, а в силу своей монотонности также снижает концентрацию внимания, что увеличивает риск появления ошибок. Автоматизация процессов измерения позволит ускорить проведение исследований и снизить вероятность допущения ошибок. В работе рассматривается возможность автоматизации анализа изображений с использованием свободного программного обеспечения ImageJ на примере растительных тканей и клеток.

Первым шагом в анализе изображения является сегментация. Для сегментации используется плагин SIOX [2] программного обеспечения ImageJ [3]. Принцип работы плагина сводится к следующему: пользователь выбирает участки изображения из числа тех, которые необходимо извлечь, а также участки, относящиеся к фону (рис. 1), — эта выборка будет использоваться для обучения алгоритма.

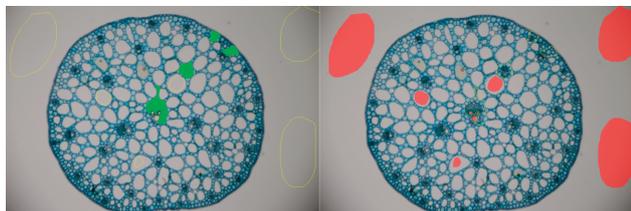


Рис. 1. Создание выборки из участков переднего плана (отмечены зеленым) и фона (отмечены красным) в интерфейсе SIOX

На основе выборки алгоритм выделяет передний план изображения и удаляет ненужную исследователю информацию. При необходимости

можно вручную откорректировать результаты сегментации либо запустить процесс заново, уточнив области обучающей выборки.

Конечным продуктом является двоичное изображение (рис. 2), в котором черным цветом обозначены исследуемые объекты, а белым — фон, который уже не будет учитываться программой при дальнейшем анализе.

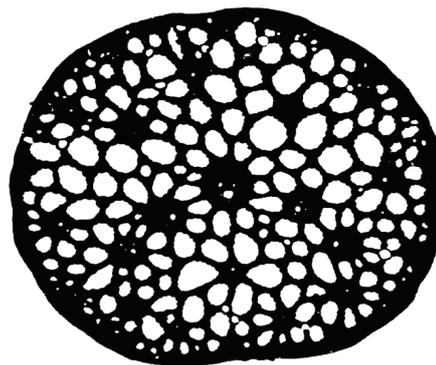


Рис. 2. Двоичное изображение с выделенным передним планом

Далее, следует анализ количественных параметров объектов. Одним из наиболее простых и часто используемых параметров является площадь. Измерение площади можно продемонстрировать на примере воздухоносных полостей в тканях черешка водокраса Шевалье — водного макрофита семейства водокрасовых. Для измерения площади нескольких объектов в ImageJ достаточно воспользоваться встроенной функцией Analyze Particles и отметить показатель Area. Для наглядности результата можно выбрать опцию Show outlines, которая будет выводить изображение с контурами объектов, нумерация которых совпадает с нумерацией в таблице измерений (рис. 3).

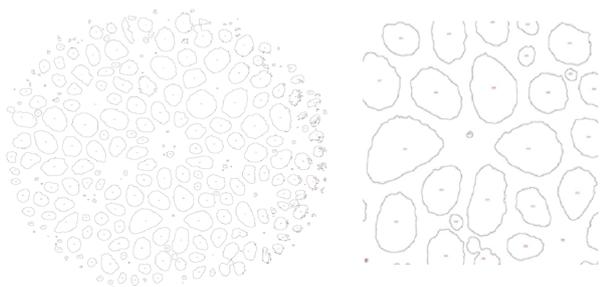


Рис. 3. Контуры объектов, измеренных алгоритмом Analyze Particles

По завершении измерений пользователю будут представлены таблица измеренных параметров отдельных объектов, а также сводная таблица результатов, где будет указана сумма значений по каждому параметру, среднее значение и стандартное отклонение.

В ряде случаев при анализе необходимо использовать несколько показателей, функция Analyze Particles дает возможность это сделать. Так, в проведенном нами в 2020 г. исследовании [1] морфологии эпидермы видов рода «водокрас» (рис. 4) для сравнительного анализа использовались такие показатели клеток эпидермы листовой пластинки, как площадь, периметр, наибольший и наименьший диаметры, коэффициент формы

(отражает «вытянутость» формы), степень округлости и коэффициент заполнения [4].

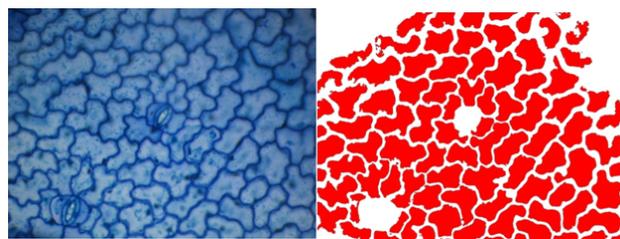


Рис. 4. Микрофотография эпидермы водокраса Шевалье и результат сегментации

По указанным шести показателям проводился анализ двух типов клеток: основных клеток эпидермы и замыкающих клеток устьиц для верхней и нижней стороны листовой пластинки. Из 24 исследованных позиций (более 350 измерений) статистически значимые различия были обнаружены только в двух: периметр и наибольший диаметр замыкающих клеток устьиц на нижней стороне листовой пластинки [1].

Таким образом, необходимость проведения большого количества измерений, в том числе трудоемких, обосновывает потребность в средствах автоматизации анализа. Кроме того, такие средства позволяют минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором.

1. Гришина В. С., Ефремов А. Н. Сравнительная морфология эпидермы листа видов рода *Hydrocharis* L. (*Hydrocharitaceae* Juss.) : материалы IX Междунар. конф. «Гидророботаника 2020». — Борок : ИБВВ РАН ; Ярославль : Филигрань, 2020. — С. 47–49.

2. Friedland G., Jantz K., Rojas R. SIOX: Simple interactive object extraction in still images. — IEEE, 2005. — 7 p.

3. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data / C. T. Rueden, J. Schindelin, M. C. Hiner [et al.] // BMC Bioinformatics. — 2017. — № 1 (18). — P. 529.

4. Prodanov D., Verstreken K. Automated Segmentation and Morphometry of Cell and Tissue Structures. Selected Algorithms in ImageJ // Molecular Imaging, — 2012. — P. 183–200.