

УДК 57.08: 004.9

ТРИ СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПЛОСКИХ ФИГУР ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРОГРАММНЫМИ МЕТОДАМИ

Муслов С.А., Зайцева Н.В., Самосадная И.Л.,
Гавриленкова И.В.

ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет (МГМСУ)
им. А.И. Евдокимова» Минздрава РФ, Москва, e-mail: muslov@mail.ru

Предложены 3 различных способа измерения площади фигур произвольной формы. Данная задача может возникать при оценке численности колоний микроорганизмов, размеров биопленок, площади стоматологических оттисков и в многочисленных других ситуациях. Известные программы анализа изображений, включая их площадь крайне немногочисленны и обладают высокой ценой, что делает их практически недоступными. В данном сообщении авторы представляют для целей измерения площади фигур два весьма известных приложения систему компьютерной алгебры Mathcad и графический пакет Adobe Photoshop, а также редактор обработки графики свободно распространяемую программу ImageJ. В качестве примера рассмотрено изображение колонии одноклеточных микроорганизмов *Candida albicans* – представителя дрожжеподобных грибов. Полученные всеми предложенными способами результаты измерения площади колонии бактерий совпали между собой с точностью до одного пикселя.

Ключевые слова: площадь фигур произвольной формы, программные средства

THREE METHODS OF MEASURING THE AREA OF PLAN FIGURES OF ARBITRARY FORM BY PROGRAM METHODS

Muslov S.A., Zaytseva N.V., Samosadnaya I.L.,
Gavrilenkova I.V.

Moscow State Medical Stomatological University (MSMSU) n.a. A.I. Evdokimov, Moscow,
e-mail: muslov@mail.ru

Three different methods for measuring the area of figures of arbitrary shape are proposed. This problem can arise when assessing the number of colonies of microorganisms, the size of biofilms, the area of dental impressions and in numerous other situations. Known image analysis programs, including their area, are extremely few and have a reasonable price, which makes them practically inaccessible. In this message, the authors present for the purposes of measuring the area of the figures two well-known applications the computer algebra system Mathcad and the graphics package Adobe Photoshop, as well as the graphics processing editor, the freely distributable ImageJ program. As an example, an image of a colony of unicellular microorganisms of *Candida albicans*, a representative of yeast-like fungi, is considered. The results of measuring the area of colony of bacteria obtained by all proposed methods coincided with each other to within one pixel.

Keywords: the area of free-form figures, software

Несмотря на информативность такого параметра плоских фигур как площадь (в различного рода исследованиях, в том числе медико-биологических, например, в микробиологии для подсчета размера колоний микроорганизмов, площади биопленок, в ортопедической стоматологии для оценки усадки альгинатных оттисков и т.д.), соответствующие измерительные средства почти не представлены на мировой площадке компьютерных программ. Авторам известна только один представитель «империи» Software – программный комплекс SigmaScan Pro компании SYSTAT [6], который может анализировать различные параметры плоских изображений любой формы, включая их площадь. Однако вследствие достаточно высокой цены программы (около 1500\$) она недоступна для широкого круга исследователей.

Материалы и методы исследования

В данном сообщении предложены три варианта способов подсчета площади плоских фигур, граница которых не может быть выражена аналитической функцией, более доступными программными средствами:

- в системе компьютерной алгебры Mathcad;
- с помощью редактора графических файлов Adobe Photoshop;
- в свободно распространяемой программе обработки графики ImageJ.

Рассмотрим анализ размеров площади фигур нерегулярной формы на примере изображения колонии одноклеточных микроорганизмов *Candida albicans* – представителя дрожжеподобных грибов, паразитирующих в организме человека (рис. 1). *Candida albicans* является условно-патогенным микроорганизмом для человека. Свои болезнетворные свойства грибок проявляет в основном при ослаблении иммунитета.

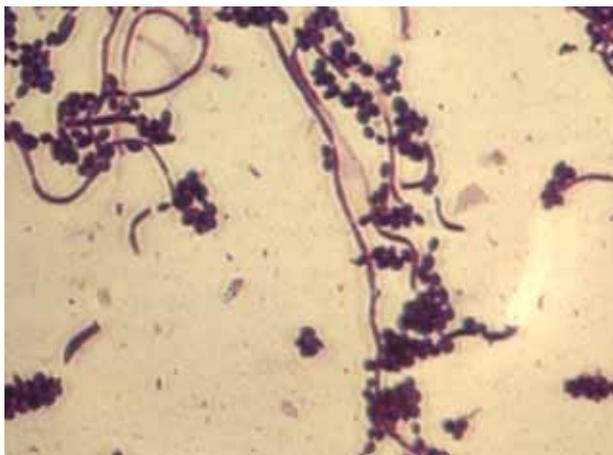


Рис. 1. Цветное изображение колонии *Candida albicans*



Рис. 2. Черно-белое изображение колонии *Candida albicans*

Результаты исследования и их обсуждение

1. Под геометрической плоской фигурой будем понимать часть плоскости, ограниченную со всех сторон. Под площадью геометрической плоской фигуры – некоторую аддитивную числовую характеристику фигуры, показывающую её размер. В простейшем случае, когда фигуру можно разбить на конечное множество единичных квадратов, площадь равна числу квадратов. Эти простые сведения из геометрии позволяют рассчитать площадь плоской фигуры в системе компьютерной алгебры Mathcad [5].

Математический процессор Mathcad в своем арсенале имеет инструменты для чтения и отображения файлов изображений: команду READBMP («File»), которая может считывать изображения в оттен-

ках серого цвета из файла, что позволяет получить массив целых чисел от 0 до 255.

Для импортирования растрового графического изображения из файла с расширением *.bmp выполняют действия:

- нажимают кнопку на месте предполагаемой вставки черно-белового изображения;
- выбирают меню Insert (Вставить), а потом в раскрывающемся меню пункт Picture (Рисунок). Откроется шаблон рисунка с местозаполнителем в левом нижнем углу;
- вводят в местозаполнитель двойные кавычки, между которыми необходимо ввести имя файла, который содержит точный рисунок с неизвестной площадью;
- указывают полный путь к файлу, например: «D:\Pictures\Candida albicans.bmp».

$A1 := \text{READBMP} (\text{«D:\ Pictures\Candida albicans.bmp»})$.

Далее пишется следующая процедура программы. Создаем циклы по двум направлениям (ширине и высоте). В цикле суммируем только те точки, которые меньше по яркости некоторого порога. При этом подразумеваем, что белый фон имеет значение яркости около 255, а граница изображения – около 0:

фону. По оси ординат – количество пикселей, имеющих данную яркость.

Возможно, инструмент «Гистограмма» первоначально выключен. Если вы не видите его в палитре, необходимо зайти в меню «Window» – «Histogram».

Чтобы была доступна статистическая информация по изображению, нужно клик-

$$countZeros(M) := \left. \begin{array}{l} c \leftarrow 0 \\ s \leftarrow ORIGIN \\ \text{for } i \in ORIGIN .. rows(M) + s - 1 \\ \text{for } j \in ORIGIN .. cols(M) + s - 1 \\ C \leftarrow c + 1 \text{ if } M_{i,j} = 0 \\ c \end{array} \right\}$$

Площадь фигуры в пикселях:

$$squareCandida albicansPx := countZeros(A1).$$

$$countZeros(A1) = 10642.$$

Авторы надеются, что приведенные выше фрагменты листинга процедуры в какой-то мере сэкономят время пользователей Mathcad, заинтересовавшихся измерением площади плоских фигур, граница которых не поддается аналитическому описанию.

2. Adobe Photoshop – гораздо более доступный, чем SigmaScan Pro редактор растровых изображений, имеющий в своем арсенале богатый инструментарий для анализа графических файлов [1, 2]. Определение количества тех или иных пикселей это прием, относительно несложный для Adobe Photoshop, который позволяет рассчитать площадь плоских фигур с очень высокой точностью.

Итак, под площадью фигур мы понимали совокупность всех составляющих её пикселей. Для подсчета площади запускаем программу. С помощью меню «File» – «Open file», находим файлы, выбранные для исследования, и открываем их. Переводим изображения в пространство градаций серого с помощью вкладки «Image» – «Grayscale». Далее потребуется инструмент «Histogram» («Гистограмма»). Гистограмма (яркостная гистограмма) – это график, у которого по оси абсцисс отложена яркость от минимального значения 0, соответствующего черному цвету изображения, до максимального значения 255, соответствующего белому

цвету по пиктограмме в правом верхнем углу панели и в ниспадающем списке выбрать пункт «Expanded view».

Как видно из рисунка, гистограмма содержит 2 столбика. В левой части – столбик, высота которого отражает число пикселей изображения с яркостью 0, т.е. черных пикселей и серых пикселей, яркость которых близка к нулю. В правой части гистограммы столбик значительно ниже, его высота соответствует количеству пикселей с яркостью 255, т.е. части изображения белого цвета или серого цвета, по яркости близкого к белому. Нас интересует левая часть гистограммы, так как именно она отображает интересующую нас часть диапазона яркости.

При наведении курсора на левый столбик в поле «Count» мы получаем отображение информации о количестве пикселей с нулевой яркостью (10642). Собственно это и есть площадь фигуры – 10642 px. Поле «Percentile» показывает их процент по отношению к пикселям всех остальных яркостей (как видно, число черных пикселей не преобладает над числом белых, а их доля равна 15,91%). Кроме того, доступны другие точечные оценки описательной статистики для яркости пикселей изображения: среднее значение Mean, медиана Median и стандартное отклонение Std Dev, а также общее число пикселей Pixels.

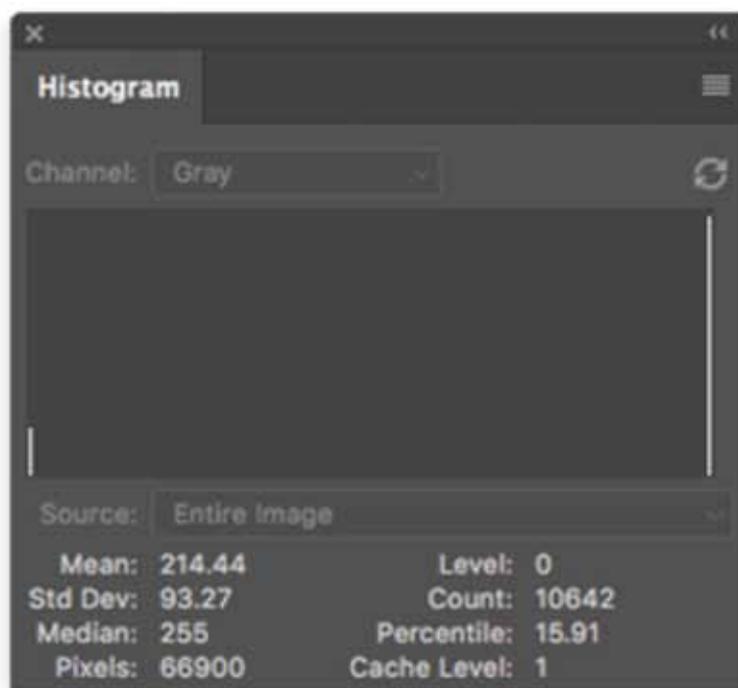


Рис. 3. Внешний вид вкладки «Гистограмма» программы Adobe Photoshop Creative Cloud

3. В то же время существует, хотя и менее известна, программа обработки графики ImageJ (полное название – Image Processing and Data Analysis in Java) [3, 4]. Это приложение, специально разработано для анализа изображений, полученных при биологических и медицинских исследованиях. Написано оно сотрудниками National Institutes of Health (как следует из названия, на языке Java) и распространяется без лицензионных ограничений как общественное достояние и является продуктом с открытым исходным кодом. Открытость интерфейса программирования ImageJ позволяет гибко наращивать исходный функционал за счёт возможности подключать свои плагины, а встроенный макроязык позволяет автоматизировать повторяющиеся действия. Плагины сторонних разработчиков могут охватывать широкий круг задач анализа и обработки изображений. Это упрощает 3D визуализацию в диапазоне от клеток до рентгеновских изображений, ав-

томатические сравнения вплоть до создания автоматизированных систем изучения.

В ImageJ можно вычислять площади, статистические показатели пиксельных значений различных выделенных областей на изображениях, которые выделяются вручную или при помощи специально назначенных пороговых функций. ImageJ поддерживает почти все известные форматы изображений (GIF, TIFF, JPEG, BMP, PNG и другие). Интерфейс данного программного обеспечения весьма простой и не требует наличия специальной начальной подготовки у пользователей, необходимой для двух предыдущих приложений.

Площадь фигуры при работе с программой принимается равной сумме пикселей нулевой яркости. Для этого исходное изображение может быть конвертировано в черно-белое.

Как следует из рис. 4 искомая площадь колонии бактерий в пикселях равна 10642.

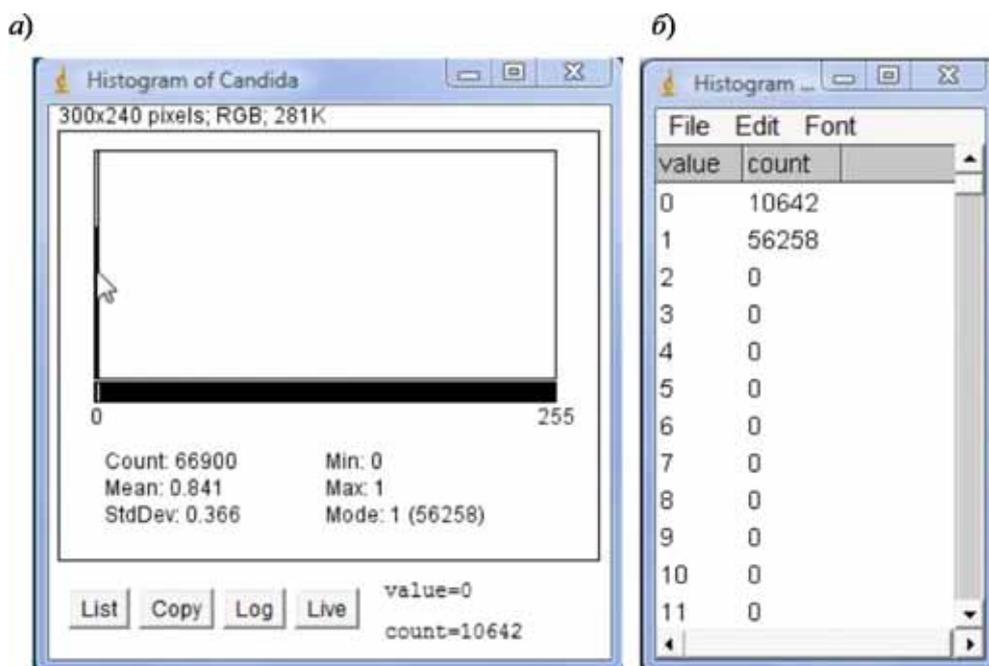


Рис. 4. Вкладки программы ImageJ:
 а – инструмент «Гистограмма», позволяющий анализировать яркостную гистограмму изображения; б – форма «List», с помощью которой выводятся результаты анализа в виде массива

Заключение

Предложенные для измерения площади плоских фигур произвольной и сложной формы программные средства достаточно доступны для пользователей. На примере анализа площади одного изображения (колонии микроорганизмов *Candida albicans*) показано, что все они дают один и тот же результат измерения площади с точностью до одного пикселя и поэтому могут быть рекомендованы для практического применения в научных и прикладных исследованиях.

Список литературы

1. Петров М.Н. Эффективная работа: Photoshop CS (+CD). – СПб.: Питер, 2004. – 845 с.
2. Adobe Photoshop. See what's possible [Электронный ресурс]. URL: <http://www.photoshop.com> (дата обращения: 26.10.2016).
3. Collins T.J. ImageJ for microscopy // *BioTechniques*, 43, (1 Suppl): 25–30.
4. Dougherty G. *Digital Image Processing for Medical Applications*. – Cambridge University Press, 2009. – 459 p.
5. Mathcad: связанные ресурсы [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.ptc.com/product/mathcad> (дата обращения: 26.10.2016).
6. SigmaScan Pro 5.0. A program for analyzing your scientific and engineering images automatically [Электронный ресурс]. – URL: <http://sigmascan-pro.software.informer.com/5.0> (дата обращения: 31.10.2016).