

УДК 612.014.464

СЕГМЕНТАЦИЯ ФРАГМЕНТА ИЗОБРАЖЕНИЯ ФАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ*

В.Р. Крашенинников¹, Л.И. Трубникова², А.С. Копылова³,
М.Л. Албутова², А.В. Тарасова¹

¹Ульяновский государственный технический университет,

²Ульяновский государственный университет,

³ФНПЦ ОАО «НПО «Марс», г. Ульяновск

В работе предложен способ сегментации изображения фрагмента фации биологической жидкости на краевую и центральную зоны для улучшения обнаружения маркеров, для каждого из которых характерна своя зона локализации.

Ключевые слова: компьютерная медицинская диагностика, изображение фации биологической жидкости, краевая зона, центральная зона, маркер.

Ранней диагностике заболеваний уделяется большое внимание. Один из методов ранней диагностики основан на исследовании биологических жидкостей (БЖ) человека: в процессе кристаллизации БЖ на ее изображении возникают характерные структуры (маркеры), наличие которых свидетельствует о различных заболеваниях или расположенности к ним [10]. Эффективные алгоритмы обнаружения ряда маркеров получены в работах [1, 2, 6, 7, 9, 12, 14, 15]. Для различных маркеров характерно их особое расположение и ориентация по полю фации, поэтому целесообразны предварительное определение границы фации и выделение краевой и центральной зон. Например, особенностью трехлучевых трещин является расположение в центральной зоне фации, а гребешковые и листовидные структуры находятся около границы фации, воронкообразные же структуры, наоборот, у границы не располагаются. На рис. 1а границная зона находится между белым и черным овалами. В работах [5, 8] рассматривалось обнаружение границы фации на изображении полной фации, при этом ее полнота существенно была использована для первоначального приближения границ эллипсами. Многие маркеры различимы лишь при большом увеличении (в 150–400 раз),

при котором на изображении присутствует только фрагмент фации (рис. 1б). Отсюда возникает решаемая в настоящей работе задача сегментации изображения фрагмента фации на краевую и центральную зоны.

Визуальный анализ изображений фаций показывает, что на их границах имеется скачок яркости, а вне фации, т.е. на участках, соответствующих предметному стеклу, изображение имеет относительно гладкий характер, за исключением различных локальных загрязнений.

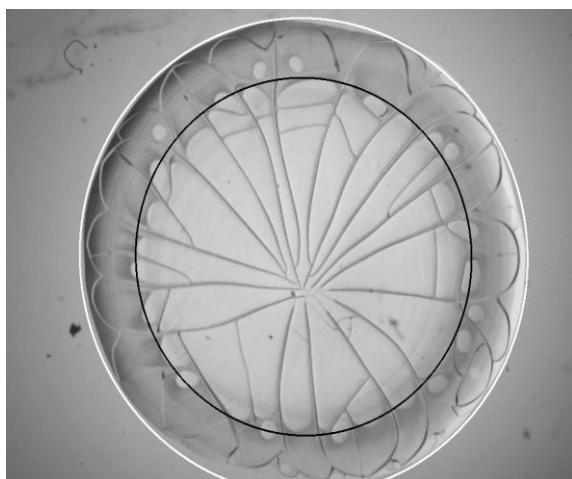
Построим сначала скелет (элементы изображения со значительным перепадом яркости). Для этого обработаем изображение БЖ скользящим кругом радиусом 6 пикселей. В каждом положении этого круга вычислим дисперсию значений яркости. Так как для точек скелета характерно большое значение дисперсии яркости, отметим все точки круга, в которых значение дисперсии превышает некоторый порог. Этот порог подбирается экспериментально при обработке изображений со слабовыраженными границами (рис. 1б). Однако из-за неоднородности изображения пороговое значение должно быть переменным в зависимости от локальной текстуры. Для определения этого переменного порога λ_n была применена следующая одноконтурная адаптивная псевдоградиентная процедура [3, 4, 11, 13]:

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 13-01-00320.

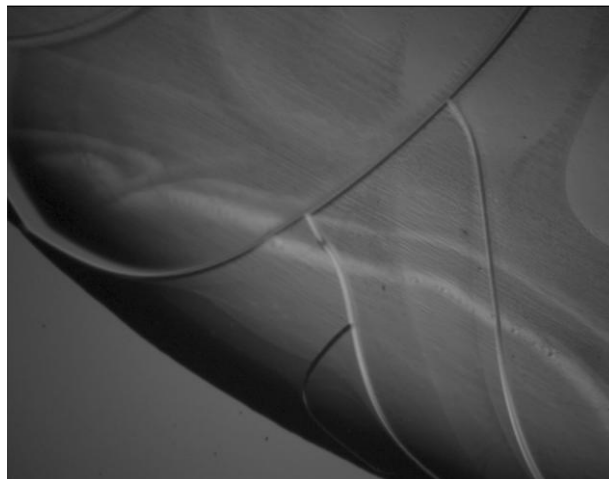
$$\lambda_{n+1} = \lambda_n + \mu \begin{cases} q, & \text{если } G_n \geq \lambda_n, \\ -p, & \text{если } G_n < \lambda_n, \end{cases}$$

где λ_{n+1} – следующее за λ_n значение порога; q – параметр, равный устанавливаемой вероятности превышения порога; G_n – упорядоченные в порядке некоторой развертки зна-

чения яркости пикселей; $p=1-q$; μ – положительный параметр, определяющий величину шагов данной процедуры. В процедуре следующее значение λ_{n+1} увеличивается на μq , если G_n достигает порога λ_n , в противном случае оценка уменьшается на μq .



а



б

Рис. 1. Изображения полной фации (а) и фрагмента (б)

Результат обработки исходного изображения фации крови (рис. 1б) с помощью описанной процедуры при $p=0,15$ и $\mu=0,01$ показан на рис. 2а. Точки, в окрестностях которых значение дисперсии яркости превышает порог λ , образуют множество S и отмечены черным цветом. Превышение порога происходит не только в граничных точках фации, но и в массе других точек, где имеется большая дисперсия яркости. Поэтому из множества S следует удалить небольшие изолированные кластеры, не принадлежащие к границе фации. При этом процедура дилатации и метод скользящего окна не всегда дают положительный результат, так как ложные области могут быть довольно большого размера и возможны сильно вытянутые области. Поэтому воспользуемся следующим способом.

Методом обхода контура находится граница L_i каждой замкнутой области S_i , входящей в множество S . Области с длинными границами исключаются из рассмотрения, так как необходимо удалить мелкие ложные области на изображении окружающего фона фации. Для очистки оставшихся мелких областей находится центр тяжести

$$S_i(x_{ci}, y_{ci}) = S_i \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right)$$

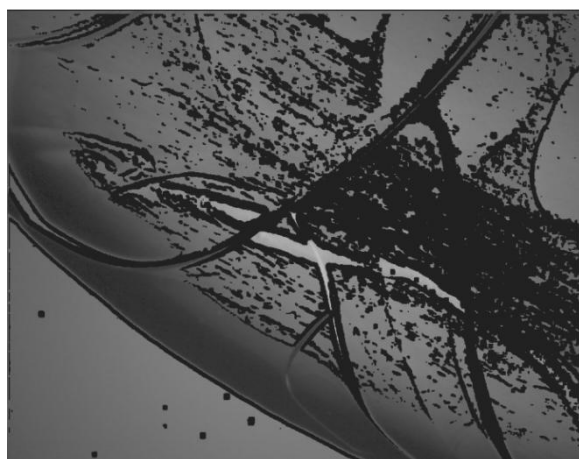
границы каждой области L_i . Далее рассматривается каждая точка (x_i, y_i) границы L_i и осуществляется очистка пикселей множества S_i в горизонтальном и вертикальном направлениях с такими же ординатами и абсциссами соответственно. Направление очистки определяется исходя из положения точки (x_i, y_i) границы L_i относительно центра тяжести (x_{ci}, y_{ci}) . Для очистки множеств S_i , состоящих из одного пикселя, применяется процедура дилатации. Результат применения этой процедуры очистки к рис. 2а показан на рис. 2б. Заметен положительный результат: на изображении исчезли малоразмерные случайные кластеры, не относящиеся к границе фации.

Из рассмотрения следует также исключить пиксели, принадлежащие так называемым радиальным трещинам фации, так как радиальная трещина может располагаться у границы изображения и возможно ложное обнаружение границы. Радиальные трещины представляют собой длинные темные линии, на границе которых имеются значительные перепады яркости. Для определения точек,

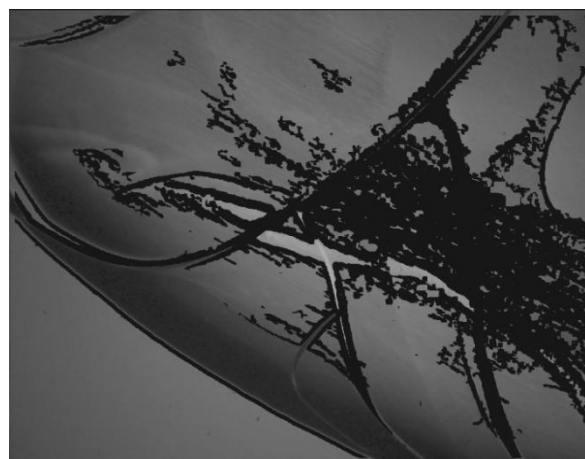
значение яркости в которых намного ниже средней яркости всего изображения, строится гистограмма распределения значений яркости всего изображения. Определяется порог, равный 10 %-му квантилю распределения. Все точки, яркости которых ниже данного порога, образуют множество D . Далее на изображении определяются точки, одновременно принадлежащие скелету изображения S и множеству D . Данные точки считаются радикальными трещинами и не рассматриваются как граница фрагмента фации.

Среди оставшихся точек скелета кроме граничных и приграничных точек присутствует множество точек внутри фации. Поэтому в каждой строке (столбце) выделяются крайние точки, принадлежащие скелету. Из найденных граничных точек исключаются ложные точки. Для этого в имеющемся мно-

жестве точек с использованием рекурсивной процедуры находятся длинные связанные дуги, далее – первая граничная точка с координатами (i, j) . Она запоминается, исследуется ее окрестность радиусом 1 пиксель. Если в данной окрестности существует граничная точка, то она запоминается, и исследуется уже ее окрестность. Условием окончания выполнения процедуры является отсутствие граничных точек в окрестности. Сравнивается количество связанных точек с некоторым порогом и в случае превышения порога проверяется еще одно условие. Начальный и конечный пиксели дуги должны располагаться вблизи каких-либо двух краев изображения. В случае выполнения данного условия найденная дуга считается принадлежащей границе фации. Найденная граница фрагмента фации показана на рис. 3 белым цветом.



а



б

Рис. 2. Выделение скелета изображения (а) и удаление малых изолированных кластеров (б)

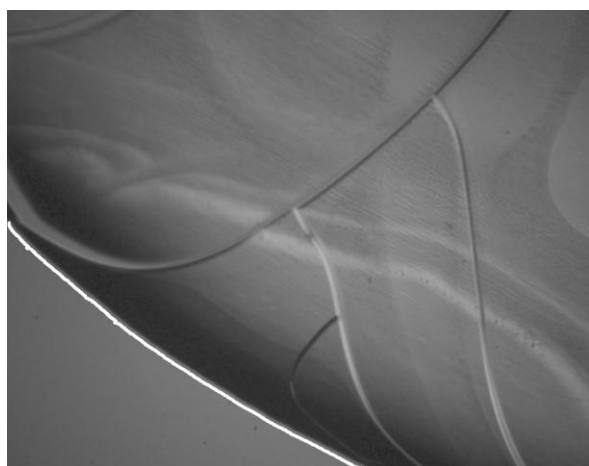
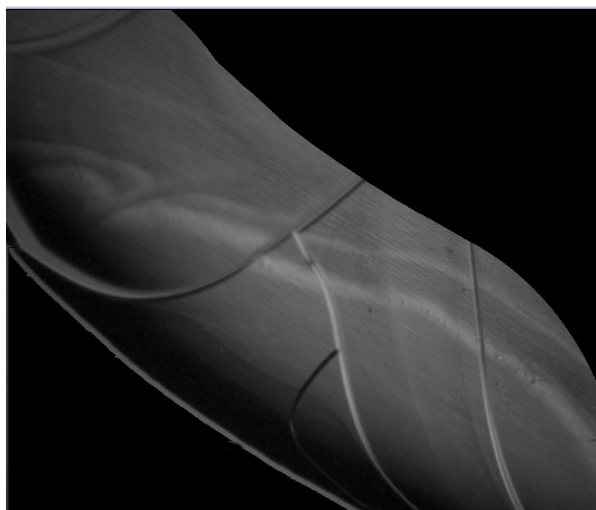
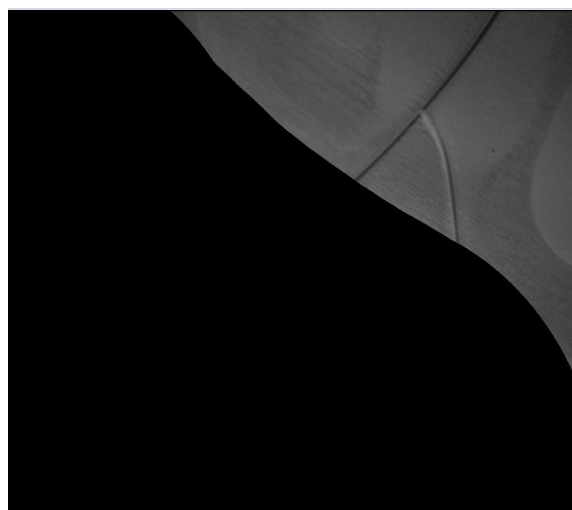


Рис. 3. Найденная граница фрагмента фации

После нахождения границы фрагмента фации производится его сегментация, т.е. выделение краевой и внутренней зон. Для этого рассматривается каждая точка (x_i, y_i) найденного множества G граничных точек фации. К краевой зоне относятся все точки фации, отстоящие от границы G на расстоянии не более R . Оставшиеся точки относятся к центральной зоне. Расстояние R подбирается экспериментально и зависит от масштаба фрагмента изображения. Для изображений с увеличением в 400 раз целесообразно взять $R=450$. На рис. 4б представлен окончательный результат сегментации исходного изображения.



а



б

Рис. 4. Найденные граница фрагмента фации (а) и краевая зона (б)

Испытания предложенного алгоритма сегментации показали, что он достаточно точно находит границу фрагмента фации и выделяет граничную и центральную зоны изображения, что имеет большое значение для повышения эффективности распознавания маркеров. Каждый маркер ищется только в своей (центральной или граничной) зоне, поэтому снижается вероятность ложных обнаружений. Сокращается и время компьютерной обработки изображений фаций, так как при поиске каждого маркера обрабатывается не все изображение, а только зона, в которой он может находиться.

1. Алгоритм обнаружения серповидных трещин на изображениях фаций цервикальной слизи женщины / В. Р. Крашенинников [и др.] // Ульяновский медико-биологический журн. – 2013. – № 4. – С. 60–63.

2. Алгоритм обнаружения языковых структур на изображениях фаций сыворотки крови / В. Р. Крашенинников [и др.] // Ульяновский медико-биологический журн. – 2013. – № 4. – С. 70–73.

3. Васильев К. К. Адаптивные алгоритмы обнаружения аномалий на последовательности многомерных изображений / К. К. Васильев, В. Р. Крашенинников // Компьютерная оптика. – 1995. – Вып. 14–15. – Ч. 1. – С. 125–132.

4. Васильев К. К. Статистический анализ многомерных изображений / К. К. Васильев, В. Р. Крашенинников. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 170 с.

5. Крашенинников В. Р. Нахождение граничных точек изображения фации биологической

жидкости / В. Р. Крашенинников, А. С. Копылова // Труды VI Всероссийской научно-практической конф. (с участием стран СНГ) «Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем». – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – С. 126–129.

6. Крашенинников В. Р. Обнаружение жгутовидных структур на изображениях фаций сыворотки крови / В. Р. Крашенинников, И. В. Крашенинников, А. С. Копылова // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова. Сер. Научная сессия, посвященная Дню радио. – Вып. LXIV. – М., 2009. – С. 313–315.

7. Крашенинников В. Р. Обнаружение трехлучевых трещин на изображениях фаций сыворотки крови / В. Р. Крашенинников, А. С. Копылова // Труды VII Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем». – Ульяновск, 2011. – С. 37–40.

8. Крашенинников В. Р. Определение границы изображения фации биологической жидкости / В. Р. Крашенинников, А. С. Копылова // Труды VI Всероссийской научно-практической конф. (с участием стран СНГ) «Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем». – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – С. 129–133.

9. Обнаружение и распознавание маркеров на изображениях фаций биологических жидкостей при ранней медицинской диагностике / В. Р. Крашенинников [и др.] // Научные технологии. – 2013. – Т. 14, № 5. – С. 36–41.

10. Шабалин В. Н. Морфология биологических жидкостей человека / В. Н. Шабалин, С. Н. Шабохина. – М. : Хризостом, 2001. – 304 с.

11. Krasheninnikov V. R. A way to detect the straight line trajectory of an immovable point for estimating parameters of geometrical transformation of 3D images / V. R. Krasheninnikov, M. A. Potapov

// Pattern Recognition and Image Analysis. – 2011. – Vol. 21, № 2. – P. 287–291.

12. *Krasheninnikov V. R.* Algorithms for Automated Processing Images Blood Serum Facies / V. R. Krasheninnikov, A. S. Kopylova // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2012. – Vol. 22, № 4. – P. 583–592.

13. *Krasheninnikov V. R.* Estimation of Parameters of Geometric Transformation of Images by Fixed-Point Method / V. R. Krasheninnikov, M. A. Potapov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2012. – Vol. 22, № 2. – P. 303–317.

14. *Krasheninnikov V. R.* Identification of Leaf-Like Structures in Images of Blood Serum Facies / V. R. Krasheninnikov, A. S. Kopylova // Proceedings of 8th Open German-Russian Workshop “Pattern Recognition and Image Understanding” OGRW-8-2011. – N. Novgorod, 2011. – P. 158–161.

15. *Krasheninnikov V. R.* Identification of Pectinate Structures in Images of Blood Serum Facia / V. R. Krasheninnikov, A. S. Kopylova // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2011. – Vol. 21, № 3. – P. 508–510.

THE SEGMENTATION OF FRAGMENT FACIE OF BIOLOGICAL FLUID IMAGE

V.R. Krasheninnikov¹, L.I. Trubnikova², A.S. Kopylova³, M.L. Albutova², A.V. Tarasova¹

¹*Ulyanovsk State Technical University,*

²*Ulyanovsk State University,*

³*Scientific Production Association “Mars”, Ulyanovsk*

The paper proposes a method for image segmentation fragment facies biological fluid on the edge and the central zone to improve the detection of markers, each of which is characterized by its own zone localization.

Keywords: computer medical diagnostics, image of biological fluid facie, marginal zone, central zone, marker.