

# Обнаружение вилочкового маркера уреаплазмоза на изображении фации биологической жидкости

М.Л. Албутова  
Ульяновский государственный  
университет  
Ульяновск, Россия  
albutova.m@yandex.ru

В.Р. Крашенинников  
Ульяновский государственный  
технический университет  
Ульяновск, Россия  
kvrulstu@mail.ru

О.Е. Маленова  
Ульяновский государственный  
технический университет  
Ульяновск, Россия  
nika-lilu@yandex.ru

Л.И. Трубникова  
Ульяновский государственный  
университет  
Ульяновск, Россия  
trubnikova-li@yandex.ru

Ю.Е. Кувайскова  
Ульяновский государственный  
технический университет  
Ульяновск, Россия  
u.kuvaiskova@mail.ru

**Аннотация**—Уреаплазмоз – распространенное инфекционное заболевание мочеполовой системы, вызываемое микроорганизмами. Диагностика в лабораторных условиях требует трудоемких и дорогостоящих методов. Значительно более быстрым и дешевым методом ранней диагностики является анализ изображения фации (тонкой пленки высушенной мочи). Признаком этого заболевания является наличие особых структур (маркеров) на изображениях. Один из этих маркеров имеет форму вилочки. В настоящей работе предложен алгоритм для обнаружения этого маркера на изображениях, введенных в компьютер. Испытания алгоритма на имеющихся изображениях фаций показали его высокую эффективность.

**Ключевые слова**— уреаплазмоз, изображение фации, маркер, обнаружение, алгоритм.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Уреаплазмоз – заболевание, вызываемое некоторыми видами уреаплазм и поражающее мочеполовую систему [1]. Лабораторная диагностика болезни требует применения трудоемких и дорогостоящих методов. Более быстрым методом ранней диагностики этого заболевания (и многих других) является анализ изображений фаций (тонких пленок) высушенных биологических жидкостей (в данном случае мочи). При высыхании жидкости содержащиеся в ней вещества кристаллизуются, образуя характерные структуры (маркеры). По виду этих маркеров можно с большой уверенностью судить о наличии многих заболеваний даже в самой ранней бессимптомной форме [2]. Плановые исследования в этом направлении были начаты и активно проводятся в НИИ геронтологии (Москва) под руководством академика В.Н. Шабалина. Однако при массовых обследованиях населения требуется анализ большого количества изображений, что утомляет зрение и снижает качество анализа. Поэтому актуальна задача разработки алгоритмов и программ для обнаружения и распознавания маркеров на изображениях, введенных в компьютер. К настоящему времени разработан ряд эффективных алгоритмов для распознавания маркеров некоторых видов, например, [3–5]. Исследования диагностики по фациям жидкостей ведутся в Ульяновском государственном университете коллективом под руководством профессора Л.И. Трубниковой. Этим коллективом предоставлены изображения фаций, использованные в настоящей работе, в которой предложен алгоритм для обнаружения одного

из видов этих маркеров, по форме напоминающих вилочку.

## 2. ВИЛОЧКОВЫЙ МАРКЕР УРЕАПЛАЗМОЗА

На Рис. 1 представлено исходное изображение части фации мочи с тремя маркерами, характерными при уреаплазмозе. Эти маркеры обведены красными кружками на Рис. 2. По форме они напоминают вилочку. На Рис. 3 представлено изображение без таких маркеров. Задача заключается в разработке алгоритма и программы для обнаружения вилочковых маркеров.

Для решения этой задачи сначала визуально анализировались имеющиеся изображения с этим маркером для выявления их характерных признаков. По наличию этих признаков на изображении фации в дальнейшем будет делаться вывод о присутствии маркера. Были выявлены следующие признаки: маркеры находятся на периферии фации, они темнее окружения и имеют два или три почти прямых зубца.



Рис. 1. Исходное изображение фации

## 3. ОБНАРУЖЕНИЕ МАРКЕРОВ

Обнаружение маркеров будем производить на изображении фации, преобразованном к оттенкам серого цвета путем усреднения составляющих RGB, так как цвета в данной задаче не несут полезной информации. Полученное изображение обрабатывается медианным фильтром для снижения влияния импульсных помех (посторонние примеси в жидкости и загрязнения предметного стекла).



Рис. 2. Обнаруженные маркеры



Рис. 3. Изображение фации без маркеров уреоплазмоза

Для обнаружения маркеров сначала определяется «зона интереса», то есть область фации, где могут находиться искомые маркеры. Фация приблизительно круглая, так как получается высушиванием капли жидкости на предметном стекле. При этом фация может быть неполной, как на Рис. 1. Обмер изображений показал, что маркеры могут находиться между двумя окружностями: радиус внешней равен радиусу фации и радиус внутренней 75% радиуса фации. Для их построения следует определить радиус фации и ее центр. На краю фации имеется скачок яркости. Для обнаружения таких точек разность между максимальной и минимальной яркостью в скользящем окне сравнивается с порогом. Из полученного множества точек удаляются малые кластеры и формируются контур края фации. Координаты центра фации и ее радиус находится методом наименьших квадратов отклонений радиуса от расстояний между центром и точками края фации.

Искомые маркеры значительно темнее, чем фация в целом. Для их выделения находится средняя яркость изображения и выделяются все его части, яркость которых ниже средней. Участки с яркостью выше средней из дальнейшего рассмотрения удаляются.

Для выделения контуров был использован алгоритм Canny [6], с экспериментально подобранными значениями для двух порогов: порог минимума 100 и порог максимума 180. Они определяют значимость граничных точек, если значение градиента на данном фрагменте ниже минимального порога, то граница считается несущественной. Если же на фрагменте границы нет ни одного значения выше максимального порога, то он удаляется. Далее с помощью попиксельного обхода контура оставляются только границы достаточной длины

(не менее 50 пикселей). Обход реализован с помощью «алгоритма жука» [7].

На полученном изображении с помощью преобразования Хафа [8] найдем короткие приблизительно прямолинейные линии. Эмпирически установлено, что при увеличении  $\times 400$  для изображения с разрешением 1080 длина искомых линий (зубцов «вилочки») около 60 пикселей.

Принятие решения о наличии маркера осуществляется на основании обнаружения пересечения двух прямых, из числа найденных на предыдущем этапе. Если на изображении обнаружено пересечение линий под углом более 20 градусов и менее 160, то принимается решение о наличии маркера.

#### 4. ИСПЫТАНИЕ АЛГОРИТМА

Описанный алгоритм был тестирован на 154 реальных изображениях фаций. На 10 из этих изображений было 27 маркеров рассматриваемого типа, из которых было обнаружено 25. При этом все 10 изображений были идентифицированы как содержащие маркеры. Отметим, что для диагностики заболевания достаточно наличия хотя бы одного маркера на изображении, то есть не обязательно нужно обнаружить все маркеры. Поэтому в этом примере идентификация всех 10 изображений, содержащих маркеры, может считаться стопроцентным обнаружением, невзирая на 2 пропущенных маркера из 25 имеющихся.

На 144 изображениях маркеров уреоплазмоза не было, однако на 7 изображениях были ложные обнаружения, что составляет менее 5%.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00613.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трубникова, Л.И. Воспалительные заболевания специфической этиологии / Л.И. Трубникова, Н.В. Вознесенская, В.Д. Таджиева, Т.Ю. Корнилова, М.Л. Албутова, Н.Ю. Тихонова // Актуальные вопросы гинекологии». – Ульяновск: Ульяновский госуниверситет, 2019. – С. 306-341.
- [2] Шабалин, В.Н. Морфология биологических жидкостей человека / В.Н. Шабалин, С.Н. Шатохина. – М.: Христом, 2001. – 304 с.
- [3] Захарова, Г.П. Компьютерная идентификация отличительных признаков и аномалий в образцах многокомпонентных растворов биологических жидкостей / Г.П. Захарова, В.В. Шабалин // Российская оториноларингология. – 2014. – Т. 6, № 73. – С. 37-42.
- [4] Krashennnikov, V.R. Algorithms for Markers Detection in Facies Images of Human Biological Fluids in Medical Diagnostics / V.R. Krashennnikov, L.I. Trubnikova, A.S. Yashina, M.L. Albutova, O.E. Malenova // Intelligent Systems Reference Library 182. Springer International Publishing. – 2020. – P. 107-125.
- [5] Krashennnikov, V.R. Algorithms for Automated Processing Images Blood Serum Fcies / V.R. Krashennnikov, A.S. Kopylova // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2012. – Vol. 22(4). – P. 583-592.
- [6] Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – Vol. 6. – P. 679-698.
- [7] Потапов, Н.Н. Методы выделения контуров на изображениях / Н.Н. Потапов, П.А. Тупиков // 8-я международная конференция Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии. – 2007. – С. 105-108.
- [8] Ballard, D.H. Generalizing the Hough transform to direct arbitrary shapes / D.H. Ballard // Pattern Recognition. – 1981. – Vol. 13. – P. 111-122.