



МРНТИ 50.31.33

Р.Б.Абдрахманов<sup>1</sup>, Г.П.Акимов<sup>2</sup>, Н.Т.Рустамов<sup>1</sup>, А.К.Жумадиллаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Международный казахско-турецкий университет им.Х.А.Ясави, Туркестан, Казахстан,*

<sup>2</sup> *Университет «Сырдария», Жетисай, Казахстан,*

<sup>3</sup> *Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*  
(E-mail: rustam.abdrakhmanov@ayu.edu.kz, galjet@mail.ru, nasim52@mail.ru, ay8222@mail.ru)

### **Обработка и распознавание патологоанатомических снимков**

**Аннотация:** В работе рассмотрен вопрос алгоритмизации процесса диагностики стадии развития болезней на базе обработки и распознавания патологоанатомических снимков. Сама процедура алгоритмизации основана на представлении патологоанатомического снимка в виде фрейма. После обработки фрейма и ее слотизации строится распознающий алгоритм стадии развития болезни. После перевода патологоанатомического изображения в пространство RGB строится обучающая таблица для диагностики. А критерием распознавания выбирается процентное соотношение яркости и размера выделенных слотов на размер фрейма. Для определения такого соотношения применяется алгоритм «скользящий фрагмент». Выведено условие работы этого метода на фреймах. При решении задачи диагностики развития стадии болезни печени доказывається работоспособность разработанной алгоритмической и программной системы.

**Ключевые слова:** процедура распознавания, слотизация, фрейм представления, патологоанатомическое изображение, пространство RGB, процедура диагностики.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2019-126-1-8-19>

**Введение.** Классическая нормальная и патологическая морфология человека накопила огромный фактический материал, объем которого продолжает расти на основе применения новых методов и техники исследования. Описательный характер этих исследований не во всех случаях достаточен для глубокого анализа сущности явлений, обобщений изучаемых процессов, возрастных, адаптационных и патологических изменений, так как требуется объективная оценка наблюдаемых изменений и их взаимосвязей. В связи с этим традиционные методы регистрации морфологических изменений, оставаясь базовыми, должны дополняться системными количественными исследованиями для устранения субъективных факторов при диагностике. Все это требует алгоритмизации морфометрических диагностических исследований. Морфометрия и математическое моделирование патологических процессов свидетельствуют об успешном развитии количественной морфологии и возможностях ее компьютеризации[1].

Последние десятилетия развития биологии и медицины характеризуются расширением применения принципов и методов смежных наук, широко использующих математический аппарат. В связи с этим критерием развития теоретических аспектов любой отрасли знания по праву становится степень их квантификации, т.е. интенсивность использования количественных подходов, применение математического моделирования для доказательства обнаруженных закономерностей[2].

**Целью работы** является алгоритмизация процедуры диагностики развития стадии болезни на базе патологоанатомических снимков, повышающая достоверность выводов и заключений патологоанатома.

**Метод решение.** В патологоанатомической практике врач-патологоанатом встречается со многими сложностями при оценке микропрепаратов. При оценке микропрепаратов (рис.1) патологоанатом поступает следующим образом. Он на глаз определяет по морфологическим снимкам количество неповрежденных клеток, количество поврежденных клеток и процентное соотношение межклеточного пространства. Далее определяет количество ядер внутри клеток, количество ядер, находящихся в интерстициальном пространстве. Эти клетки являются воспалительными клетками. Также оценивается состояние сосудов и их стенок, участки кровоизлияния и отека, определяются патологические клетки, т.е. в норме не встречающиеся клетки [1]. Определяя эти показатели, врач-патологоанатом делает выводы, касающиеся стадии заболевания, причины смерти и т.д. После такой оценки изображения микропрепарата патологоанатом производит диагностическую процедуру. Ясно, что при такой диагностической процедуре проявляется немало субъективизма. Такая ситуация порождает спрос на алгоритмизацию процедуры диагностики на базе патологоанатомических снимков.

Для того чтобы алгоритмизировать выше описанную процедуру предварительно сформируем эталоны из изображений, сформируем классы  $K_1, K_2, \dots$ . В каждом классе бинарные изображения объектов кодируются через 1 (черный - 0) и 0 (белый - 255) [3]. Записывая построчно код каждой локализованной области, формируем двоичный код изображения в прямоугольном виде, тем самым мы морфологическое изображение переводим в RGB пространство[4]. Процедура алгоритмизации выглядит следующим образом:

**1 шаг.** Слотизация фрейма (рис.1) производится определением процента существования выделенного слота в цифровом RGB пространстве фрейме. Для этого для каждого слота, с помощью RGB программ, определяются цифровые интервалы в пространстве  $A_{r,g,b}^{k,m}$ . Именно эти интервалы и будут критерием существования данного слота на <<скользящем фрагменте>> [3].

**2 шаг.** Здесь приводится сам алгоритм процедуры диагностики на основе патологоанатомического снимка. Рассмотрим алгоритм выделения информативной локальной области изображения из изображения(рис.1).

В изображении одного размера  $(n \times m)$ , пиксели которой по закону колориметрии заданы тремя цветовыми компонентами

$$c_1 = f_{c_1}(i, j), c_2 = f_{c_2}(i, j), c_3 = f_{c_3}(i, j), \quad (1)$$

где  $0 \leq i \leq n - 1, 0 \leq j \leq m - 1$ . В цветовой модели RGB компоненты цветов изменяются от 0 до 255. Допустим, цвета пикселей  $p = (i, j)$  и  $p' = (i', j')$  исходя из (1) даны в следующих долях цветовых компонент  $(c_1, c_2, c_3)$  и  $(c'_1, c'_2, c'_3)$ , т.е.

$$c_1 = p_{c_1}(i, j), c_2 = p_{c_2}(i, j), c_3 = p_{c_3}(i, j),$$

$$c'_1 = p'_{c_1}(i, j), c'_2 = p'_{c_2}(i, j), c'_3 = p'_{c_3}(i, j).$$

Тогда расстояние между цветами вычисляется следующим образом:

$$cd(p, p') = \max\{|c_1 - c'_1|, |c_2 - c'_2|, |c_3 - c'_3|\}.$$

Вводится такая константа  $\delta_c$ , что если выполняется условие  $cd(p, p') \leq \delta_c$ , то точки  $(p, p')$  считаются одного цвета. Расстояние между пикселями вычисляется евклидовым расстоянием  $\rho(p, p') = \sqrt{(i - i')^2 + (j - j')^2}$ .

Предположим,  $S = (S_{c_1}, S_{c_2}, S_{c_3})$  - изображения динамических объектов, выделенных с ДЧИ,  $S^\varepsilon = (S_{c_1}^\varepsilon, S_{c_2}^\varepsilon, S_{c_3}^\varepsilon)$  - образец для локализации информативной области.

Задача ставится в следующем виде: необходимо найти такой локализованный фрагмент  $S' = (S'_{c_1}, S'_{c_2}, S'_{c_3})$ , чтобы выполнялось условие

$$E_q = |S' - O(S^\varepsilon)| \leq Th.$$

Здесь  $O = C \circ I \circ M \circ R$  - композиция последовательности операторов [5]:

$C : S' \rightarrow S'_0$  - выполняет преобразование цветного изображения на бинарное;

$R : S'_0 \rightarrow S'_1$  – выполняет поворот относительно центра  $S'_0$  на некоторый градус;  
 $M_1 : S'_1 \rightarrow S'_2$  – выполняет преобразование масштаба  $S'_1$  по вертикалей и по горизонталей;  
 $I : S'_2 \rightarrow S'_3$  – выполняет преобразование повышения качества;  
 $Th$  – адаптивный порог для  $S\varepsilon$ ;  
 $E_q$  вычисляется по формуле

$$E_q = |S - S'| = \frac{\sum_{p \in S, p' \in S', \rho(p, p')=0} cd(p, p')}{\Omega},$$

где  $\Omega$  – область  $S \cap S'$ .

Для решения задачи идентификации локализованного фрагмента используем подход, основанный на опорных точках. Для этого сначала производится предварительная обработка фрагмента, затем - сравнение с эталоном.

Предварительная обработка изображения состоит из нескольких этапов: низкочастотная фильтрация, медианный фильтр, выделение контуров. Для этого можно использовать маску размером  $3 \times 3$ .

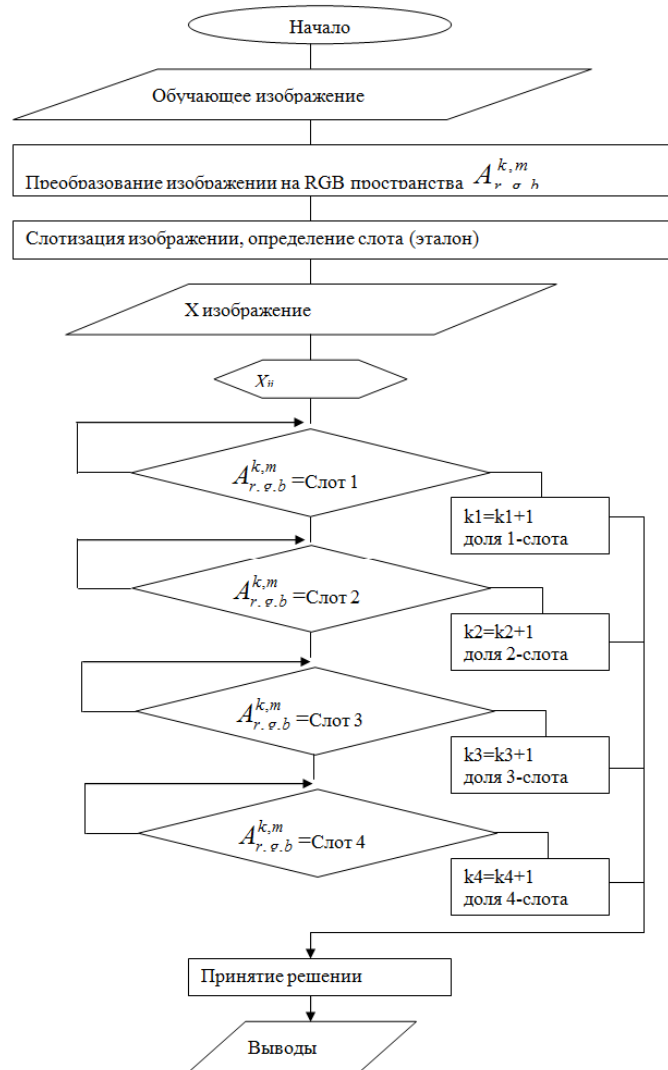


Рисунок 1 – Алгоритм процедуры слотизации и диагностики

На следующем этапе выбор опорных точек осуществляется с помощью следующей функции:

$$g(p, p') = \alpha \cdot \rho(p, p') + (1 - \alpha) \cdot cd(p, p'), (0 \leq \alpha \leq 1).$$

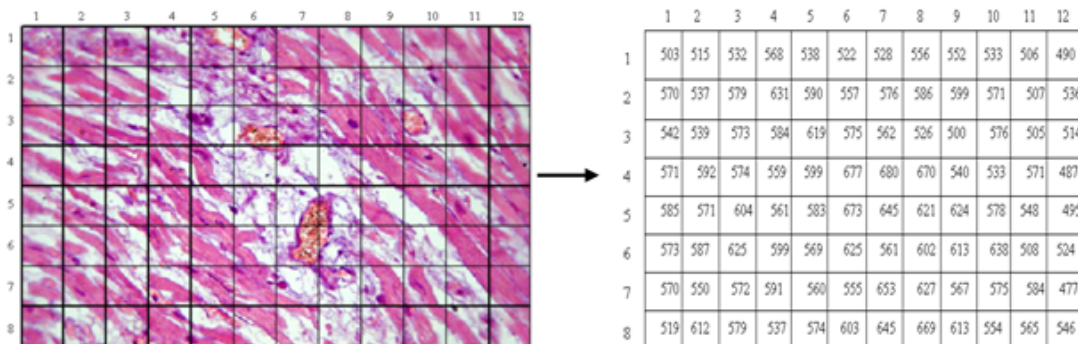
Принятие решения в системах контроля доступа решается классификаторами в зависимости от области их применения и связанных с ними динамических объектов.

Далее приведем алгоритм распознавания цифр и чисел на изображении.

Предварительно сформируем эталоны из изображений символов A, B, ..., Z, 0, 1, ..., 9, т.е. сформируем классы  $K_1, K_2, \dots, K_{36}$ . В каждом классе бинарные изображения объектов кодируются через 1 (черный - 0) и 0 (белый - 255). При построчной записи кода каждой локализованной области формируется двоичный код изображения в прямоугольном виде.

**3 шаг.** Возьмём сетку размером  $n*m$ . Устанавливаем изображение в эту сетку.

Переведем фрейм в RGB пространство:

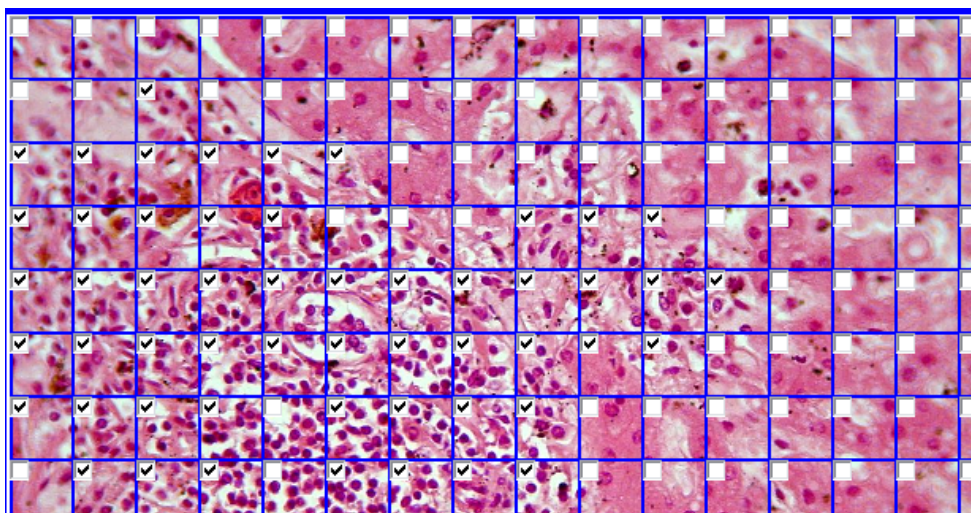


Определяется процентное соотношение. Здесь  $L'$  размеры скользящего фрагмента,  $L$  размеры фрейма

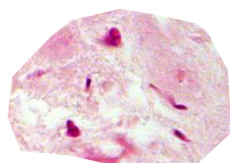
$$L'/L \cdot 100\% = Q \tag{2}$$

Для нахождения  $L'/L \cdot 100\% = Q$  воспользуемся методом «скользящего фрагмента» [4].

**4 шаг.** Сформируем эталонное изображение по отношению к порогу  $\delta$ .



Это отражается на матрице (2), т.е. на цифровом пространстве  $T_{i,j,\ell}^{k,m}$  [5]: выделенном экспертом слоте



$$T_{r,g,b}^{\varepsilon, k', m'} = \begin{vmatrix} t_{r,g,b} & \dots & t_{r,g,b} \\ \dots & \dots & \dots \\ t_{r_n, g_n, b_n} & \dots & t_{r_m, g_m, b_m} \end{vmatrix} \quad (3)$$

где  $T_{r,g,b}^{\varepsilon, k', m'} \subset A_{r,g,b}^{k,m}$ ,  $k' \leq k$ ,  $m' \leq m$ ,  $\varepsilon$ -номер слота,  $\varepsilon = \overline{1, n}$

На основе таблицы  $T_{r,g,b}^{\varepsilon, k', m'}$ , усредняя число  $\frac{r+g+b}{3}$ , строим числовой критерий для  $\varepsilon$  - слота. Далее с помощью этого критерия принимаем решения появления слота на скользящем фрагменте.

После построения RGB пространства изображений будем определять, сколько мест занимает RGB – слот (его значение) в общем RGB пространстве фрейм – изображений. Определяется процентное содержание слота на фрейм изображении.

**5 шаг.** Сложим столбцы полученной матрицы и получим вектор кодов  $z$ . Сложим элементы вектора  $z$  и присвоим результат  $s$ .  $s$  разделим на число элементов  $z$ , отличных от нуля, и полученное значение примем за порог  $\delta$ .

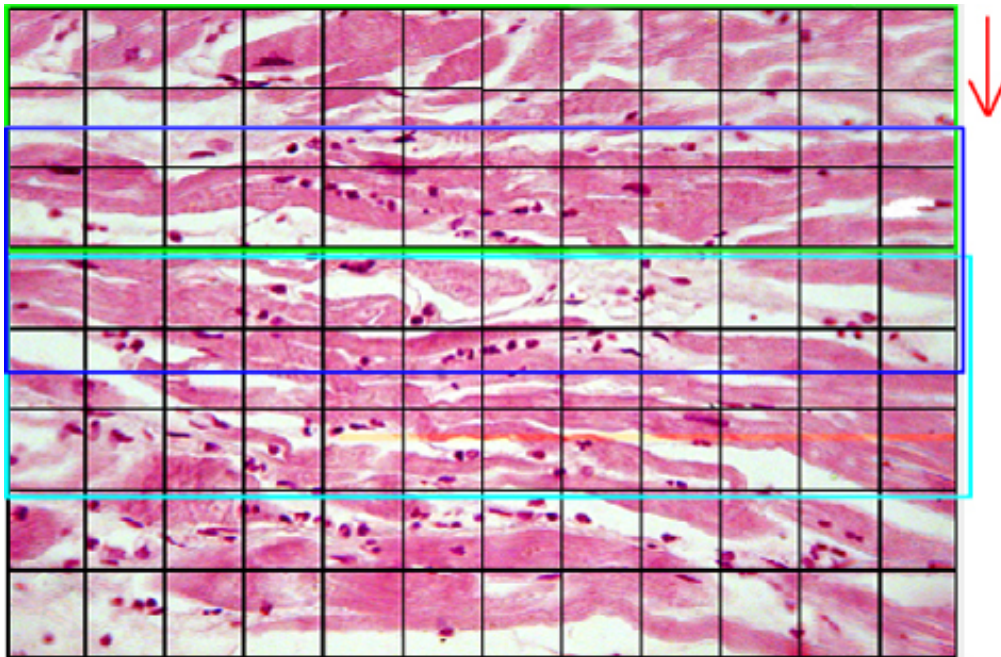


Рисунок 2 – Скользящий фрагмент

Процедура принятия решения

$$Q = \begin{cases} \varphi_1 - \text{фрейм относится к стадии А болезни, если } Q = b\% \\ \varphi_1 - \text{фрейм относится к стадии В болезни, если } Q \neq b\% \end{cases}$$

осуществляется с помощью фрагментного сравнения, т.е. из  $A_{r,g,b}^{k,m}$  - выделяется фрагмент  $\varphi_1$ , этот фрагмент соответствует определенной части фрейма.

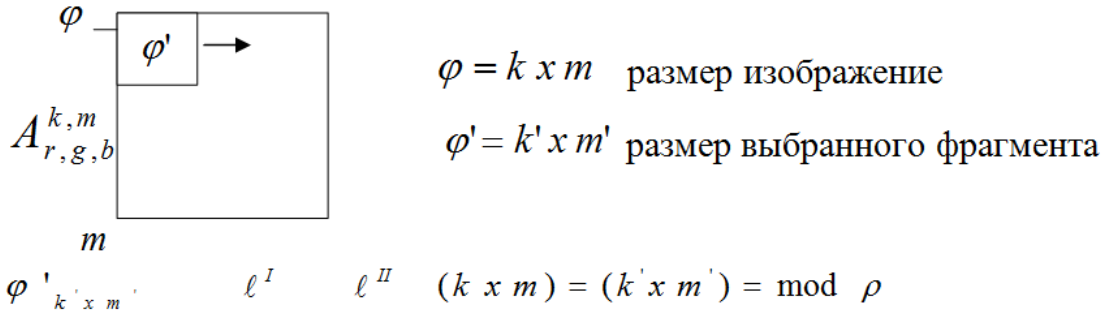


Рисунок 3 – Определение процентного соотношения слота

Рассмотрим часть фрейма  $\varphi'$ , в котором имеется  $m'$ -строк и  $k'$ -столбцов. Назовем эту часть  $\varphi'$ -частью  $\varphi$  фрейма. Алгоритм работает в «скользящем» режиме как показано на рис.3. В этом случае  $\varphi'$  обозначается как  $\varphi'_k = S_i, i=1, n, k=1, 2, \dots$ . Здесь  $S_i$  число пикселя охватываемый  $\varphi'_k$ .

Например

$$\varphi'_1 = \{S_i^1\}, i=1, n1 \quad \varphi'_2 = \{S_i^2\}, i=1, n2$$

Тогда  $\varphi'_1 \cap \varphi'_2 = \rho$  - число-прикрытие. Таким образом, покрытие  $\rho$  является мощностью следующего множества:

$$\varphi'_k \setminus \varphi'_{k'} = \{S_i / S_i \in \varphi_k \text{ \& } S_i \in \varphi_{k'}\}$$

$$i = (k - \rho)\rho + 1, \dots, (k - 1)\rho + n'$$

$$k = 1, 2, \dots, t'; \quad k' = k' + \rho, \quad k + 2, \dots, t' + \rho; \quad t' = \frac{\rho - 4}{\rho}; \quad \rho > 4$$

и задает шаг  $\varphi'_k$ .

**6 шаг.** Определение процентного содержания слота на фрейме.

Определяем процентное содержание слота на цифровом RGB пространстве как[6,7]:

$$\Gamma_{r,g,b}^\rho = A_{r,g,b}^{k,m} - B_{r,g,b}^{k'',m''} = \begin{cases} \varepsilon > 0 - \text{искомого слота на этом пикселе нет} \\ \varepsilon < 0 - \text{искомый слот на этом пикселе существует} \end{cases} \quad (4)$$

Здесь  $A_{r,g,b}^{k,m}$  - фрейм - изображение,  $B_{r,g,b}^{k,m}$  - «скользящий фрагмент» на фрейм - изображении.

**Решение практической задачи.**

Допустим, нам дан патологоанатомический снимок печени больного (рисунок 4). С помощью выше приведенного алгоритма определим степень развития болезни. На базе этого снимка патологоанатом, оценивая процентное соотношение нормальных и разрушенных слотов в клетке, диагностирует развитие стадии болезни печени.

На этом рисунке выделяем информативную часть в виде слотов, отвечающих за развитие болезни. Определяя процентное соотношение этих слотов в RGB пространстве, распознаем стадию развития болезни.

Процедура слотизации:

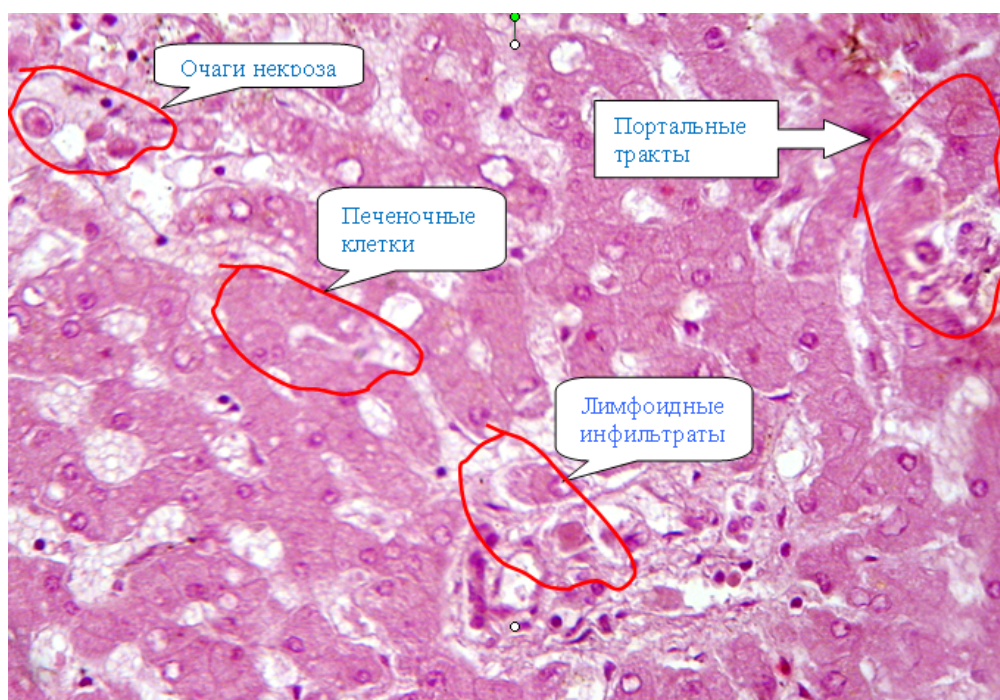


Рисунок 4 – Фрейм печени

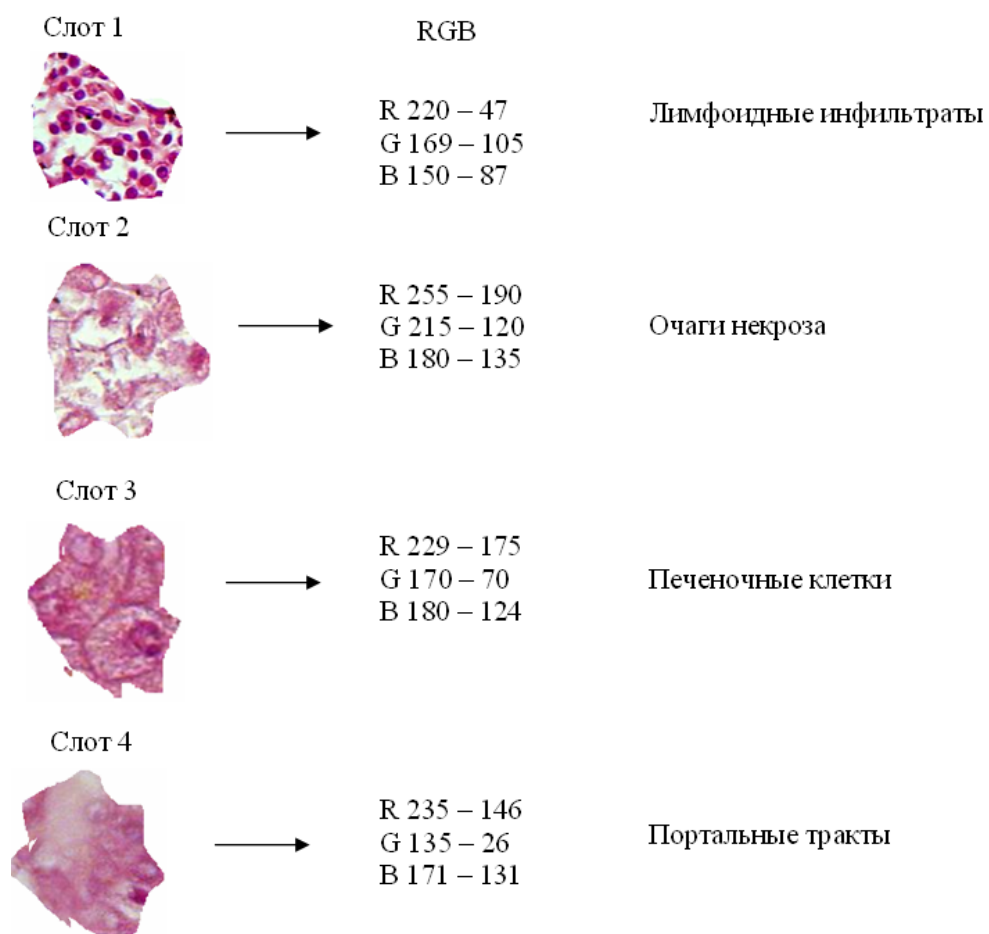


Рисунок 5 – Выделенные слоты из фрейма печени

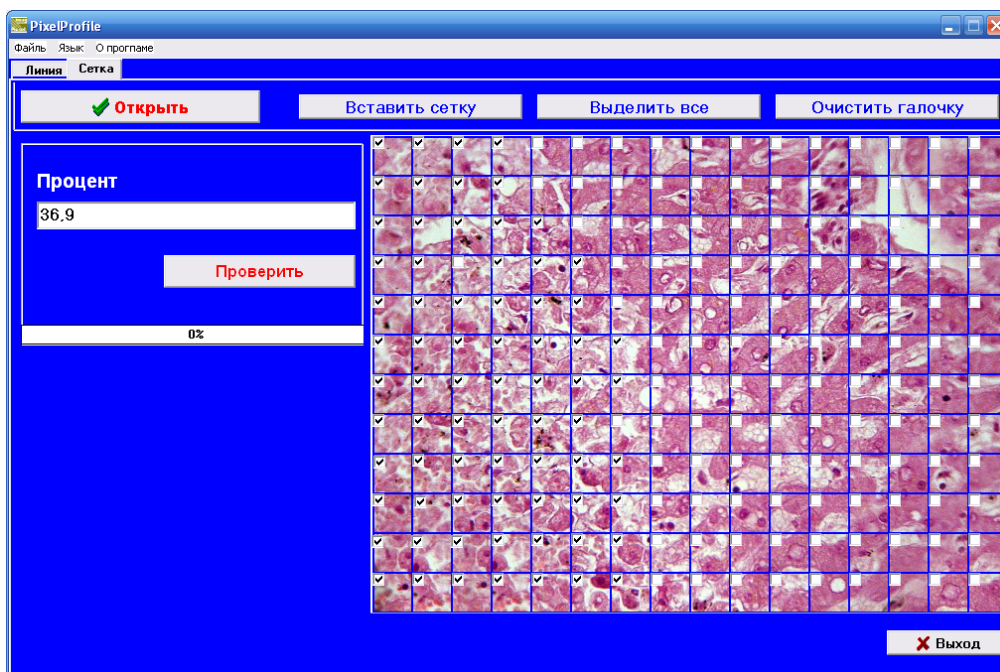
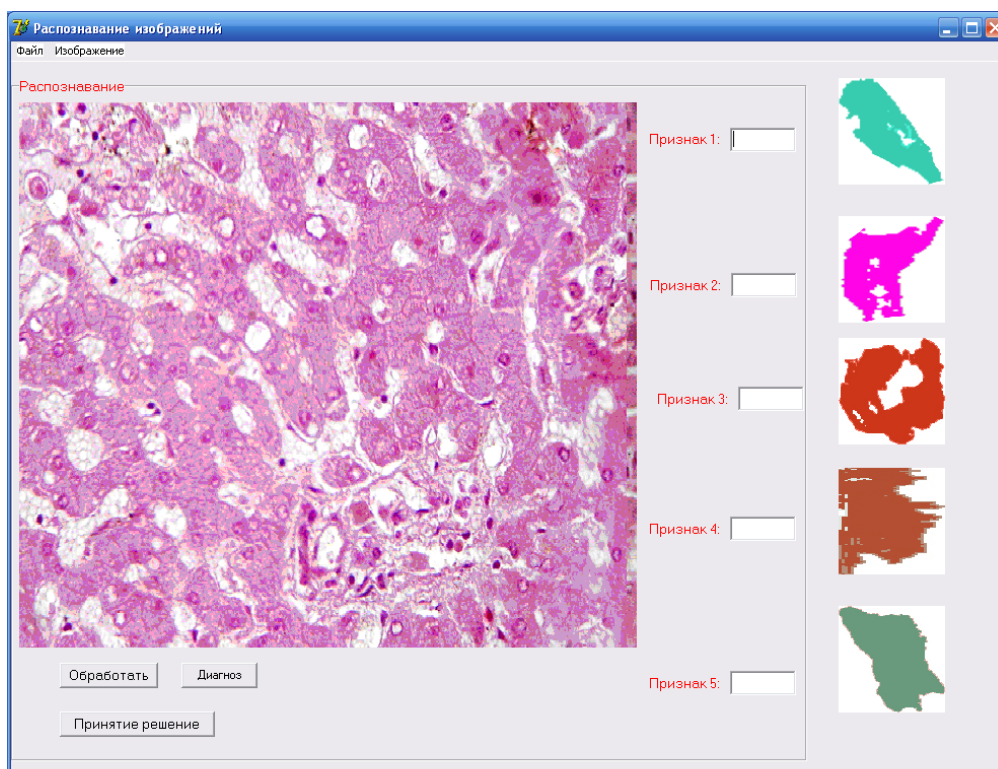
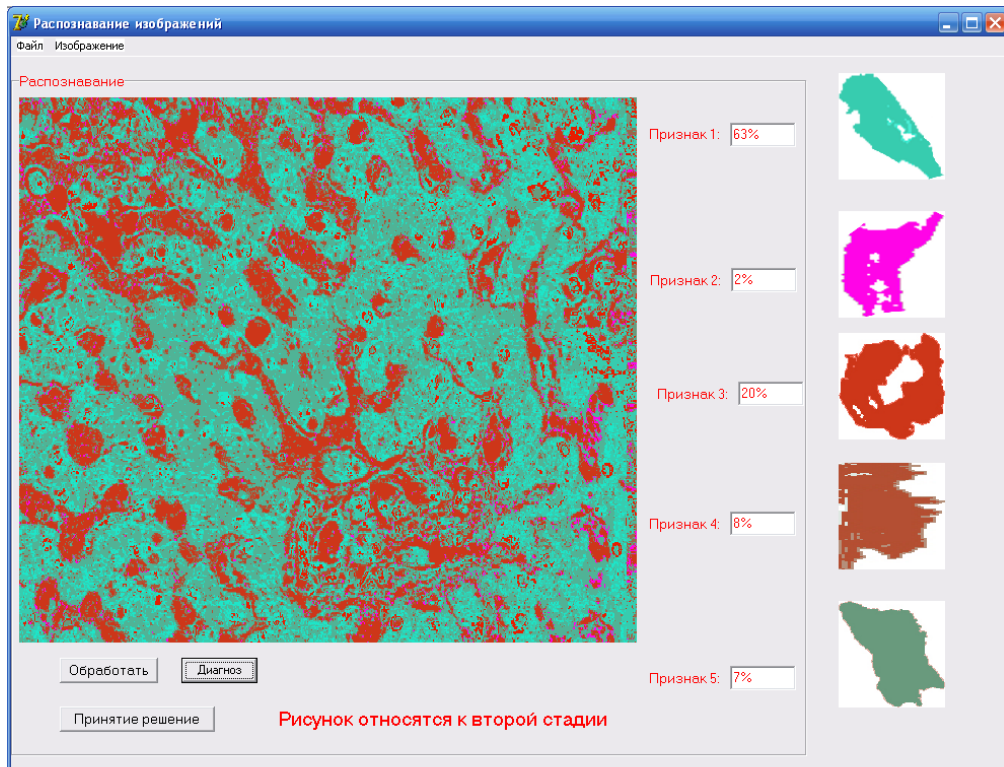


Рисунок 6 – Интерфейс программы



а) до обработки





б) после обработки

Патологоанатомическое изображение, как видно из рисунка 3, отличается яркостью различных фигур и их топологическим расположением. Чтобы извлечь из этого какую-то информацию, сперва мы должны проанализировать изображение, выражающее нормальное состояние клетки изучаемого органа. Только после этой процедуры мы можем обучиться выделению слотов. В принципе эта задача решается совместно с экспертом.

*Результат диагностики.*

Слот очагов некроза **составляет** 36,9% RGB пространство.

Таким образом, процентное соотношение слотов на фрейме выглядит следующим образом:

Слоты	1 стадия	2 стадия	3 стадия
Печеночные клетки	91-100%	85-90%	70-85%
Портальные тракты	3-10%	4-15%	15-40%
Лимфоидные инфильтраты	0-5%	5-12%	12-40%
Очаги некроза	0-3%	4-10%	10-40%

**Выводы.** Процедура определения существования слота (рис.2) на фрагменте  $B^{k'',m''}$  осуществляется с помощью подсвета пикселей на данном фрагменте. Изображение представляется пикселями. На каждом пикселе определяется процентное выражение слота, выражающего свое существование в данном пикселе. Для выбранного слота строится цифровое RGB пространство (рис.2). В RGB-пространстве определяются цифровые значения для этого слота и строятся цифровые интервалы для этого слота. Из фрейма  $\varphi, \varphi = A_{r,g,b}^{k,m}$  выделяем фрагмент  $\varphi', \varphi' = A_{r,g,b}^{k'',m''}$ , с помощью которого со скольжением перекроем все RGB пространство. Принятие диагностических решений осуществляется на основе критерия  $Q$ . Программный комплекс, разработанный на основе предложенного алгоритма, на практике показал свою работоспособность [8]

## Список литературы

- 1 Исроилов Р.И., Рустамов Н.Т., Рустамов Б.К. Математический метод клинического прогнозирования морфологических и морфометрических изменения сосудов головного мозга при инсульте // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. 2009–Т.8.–Вып.1.[электр.ресурс]- URL: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/TITL.HTM>
- 2 Исроилов Р.И., Рустамов Б.К. Морфологический анализ состояния сосудов головного мозга при мозговом инсульте // Неврология. -Ташкент. – 2008. – № 3-4. – С. 31-34.
- 3 Rustamov N.T., Akimishev G.P., Rustamov B.K., Vimaganbetova A.K.. Frame's Method Of "Sliding Fragment" To Analyze And Detect Pathoanatomical Image. Procedia Information Technology & Computer Science: 3rd World Conference on Innovation. 2013. Vol. 04. –P. 529-534.
- 4 Rustamov B.K., Akimishev G.P. Information system for identification of pathological anatomical images// «Auezov Literature-10 dedicated to the 20th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan: Proceedings of International scientific and practical conference, Shymkent - 2011. - P. 289-295.
- 5 Садыков С.С., Кан А.Н., Самандаров И.Р. Методы выделения структурных признаков изображений. Ташкент: Фан, 1990. – 104 с.
- 6 Haralick R. M., Shapiro L. G., Image Segmentation Techniques// Computer Vision, Graphics, and Image Processing, - 1985. - Vol 29. - No 1.
- 7 Nasim R, Abdumukhan T, Bekzat K, Galimagan A. Frame mechanism for analyzing and identifying pathologic anatomic images// J. Fundam. Appl. Sci. - 2018.- N10(6S). – P.1397-1408.
- 8 Акимов Г.П., Рустамов Б.К. Программа для диагностики развития болезни на основе цветных патологоанатомических снимков. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №.DGU 2017 0767. Ташкент, 07.02.2018.

Р.Б.Абдрахманов<sup>1</sup>, Г.П.Акимов<sup>2</sup>, Н.Т.Рустамов<sup>1</sup>, А.К.Жумадиллаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Қ.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан  
<sup>2</sup> «Сырдария» университеті, Жетісай, Қазақстан,

<sup>3</sup> Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

### Патоанатомикалық бейнелерді өңдеу және танып білу

**Аңдатпа:** Бұл мақалада аурулардың даму кезеңін диагностикалау процесі патологанатомиялық кескіндерді өңдеу және танып білу арқылы алгоритмдеу мәселесі талқыланады. Алгоритмдеу процедурасы патологанатомиялық кескінді фрейм түрінде көрсетуге негізделген. Фреймді өңдеген соң, оны слоттап аурудың кезеңін анықтауға мүмкіндік беретін танып білу алгоритмі құрастырылады. Патологанатомиялық кескіндерді RGB кеңістікке түрлендіріп болған соң, оны диагностикалау үшін үйрету кестесі құрылады. Танып білудің критерийіне жарықтық пен таңдалған ұяшықтардың өлшемдерін фреймге қатынасына теңдігі алынады. Мұндай байланысты анықтау үшін «жылжымалы фрагмент» алгоритмі қолданылады. Бұл әдістің жұмысы фреймдер мысалында көрсетіледі. Бауыр ауруының даму кезеңдерін диагностикалау арқылы, құрастырылған алгоритмдік және бағдарламалық жүйенің жұмысқа қабілеттілігі дәлелденеді.

**Түйін сөздер:** танып білу процедурасы, ұяшықтау, фрейм арқылы көрсету, патологанатомиялық кескін, RGB кеңістік, диагностикалау процедурасы.

R.B.Abdrakhmanov<sup>1</sup>, G.P.Akimishev<sup>2</sup>, N.T.Rustamov<sup>1</sup> and A.K.Zhumadillayeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

<sup>2</sup> «Syrdariya» University, Zhetisay, Kazakhstan

<sup>3</sup> L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

### Processing and recognition of pathoanatomical images

**Abstract:** The paper deals with the problem of the process algorithmization of diagnosing the stage of diseases development based on the processing and recognition of pathological-anatomical images. The algorithmization procedure itself is based on the presentation of a pathoanatomical snapshot of a frame. After processing the frame, slotting it, a discriminating algorithm of disease development stage is build. Moving a pathoanatomical image into RGB space, a training table is built for diagnostics. And the percentage of brightness and the size of the selected slots per frame size is chosen as the recognition criterion. The "sliding fragment" algorithm is used to determine this ratio. The condition for the operation of this method on frames has been derived. Solving the problem of diagnosing the development of a liver disease stage, it proves the efficiency of the developed algorithmic and software system.

**Keywords:** Recognition procedure, slotting, presentation frame, pathoanatomical image, RGB space, diagnostic procedure.

## References

- 1 Isroilov R.I., Rustamov N.T., Rustamov B.K. Matematicheskij metod klinicheskogo prognozirovaniya morfologicheskikh i morfometricheskikh izmeneniya sosudov golovnogo mozga pri insul'te [Mathematical method of clinical prediction of morphological and morphometric changes in cerebral vessels during stroke], Matematicheskaya morfologiya. EHlektronnyj matematicheskij i mediko-biologicheskij zhurnal, [Mathematical morphology. Electronic Mathematical and Biomedical Journal], 8.(1), 2009 URL: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/TITL.HTM>

- 2 Isroilov R.I., Rustamov B.K. Morfologicheskij analiz sostoyaniya sosudov golovnogo mozga pri mozgovom insul'te, [Morphological analysis of the state of cerebral vessels in cerebral stroke], Nevrologiya (Tashkent). (3-4), 31-34 (2008).
- 3 Rustamov N.T., Akimishev G.P., Rustamov B.K., Bimaganbetova A.K. Frame's Method Of "Sliding Fragment" To Analyze And Detect Pathoanatomical Image. Procedia Information Technology & Computer Science, 3rd World Conference on Innovation. (04), 529-534 (2013).
- 4 Rustamov B.K., Akimishev G.P. Information system for identification of pathological anatomical images, «Auezov Literature-10 dedicated to the 20th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan: Proceedings of International scientific and practical conference, Shymkent-2011:P. 289-295.
- 5 Sadykov S.S., Kan A.N., Samandarov I.R. Metody vydeleniya strukturnyh priznakov izobrazhenij, [Methods for the selection of structural features of images], (Fan, Tashkent, 1990,104 p).
- 6 Haralick R.M., Shapiro L.G., Image Segmentation Techniques, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 29(1), (1985).
- 7 Nasim R, Abdimukhan T, Bekzat K, Galimgan A. Frame mechanism for analyzing and identifying pathologic anatomic images, J. Fundam. Appl. Sci. 10(6S), 1397-1408(2018)
- 8 Akimishev G.P., Rustamov B.K. Programma dlya diagnostiki razvitiya bolezni na osnove cvetnyh patolo-goanatomicheskikh snimkov. 9. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlya EHVM №.DGU 2017 0767. Tashkent, 07.02.2018. [Program for diagnosing the development of the disease based on pathoanatomical color images: Certificate of Official Registration of Computer Programs №.DGU 2017 0767. Tashkent, 07.02.2018]

**Сведения об авторах:**

*Абдрахманов Р.Б.* - Кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры Компьютерной инженерии, Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Ясави, пр.Б.Саттарханова 29, Туркестан, Казахстан.

*Рустамов Н.Т.* - Доктор технических наук, профессор кафедры Электрической инженерии, Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Ясави, пр.Б.Саттарханова 29, Туркестан, Казахстан.

*Акмишев Г.П.* – магистр, старший преподаватель Университет «Сырдария», ул.М.Ауезова 11, Жетисай, Казахстан.

*Жумадиллаева А.К.* – кандидат технических наук, и.о.доцента, Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева, ул.Сатпаева 2, г.Астана, Казахстан.

*Abdrakhmanov R.B.* - Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor, Department of Computer Engineering, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, B. Sattarkhanov Ave. 29, Turkestan, Kazakhstan.

*Rustamov N.T.* - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Electrical Engineering Department, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, B. Sattarkhanov Ave. 29, Turkestan, Kazakhstan.

*Akimishev G.P.* - Master, Senior Lecturer, "Syrdariya" University, M. Auezov St., Zhetisay, Kazakhstan.

*Zhumadillayeva A.K.*- Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

*Поступила в редакцию 28.02.2019*