

УДК 004.048+004.932

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ СРЕЗОВ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Мартыненко Т.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра автоматизированных систем управления

*У статті представлена структура програмної реалізації системи інструментальних засобів обробки й розпізнавання зображень гістологічних зрізів на базі еволюційних моделей. В якості цільової функції для добору кращих рішень запропоновано використовувати оцінку систематичної помилки пошуку залежно від чутливості й від специфічності, що враховує глибину програмного графа. Зазначена система інструментальних засобів підтвердила свою ефективність у процесі експериментів на базі патолого-анатомічного відділення ДОКТМО при проведенні гістологічних досліджень.*

**Введение.** Актуальность задачи выявления опухолевых клеток определяется возрастанием числа раковых заболеваний, которые являются второй по частоте причиной смертности в мире. Для диагностирования и прогнозирования развития новообразований обязательным является гистологическое исследование атипичных клеточных структур. Различные по тканевой принадлежности опухоли строго специфичны на тканевом, клеточном и на структурном уровне. Однако имеется ряд морфологических и цитологических методов, позволяющих определить доброкачественность или злокачественность исследуемой опухоли: размеры клеток, размеры ядра клеток, ядерно-цитоплазматическое соотношение и т. д.

Применение автоматизированных систем обработки и анализа изображений (АСОАИ) позволяют существенно повысить достоверность обнаружения изменений внутренних органов при онкологических заболеваниях, ускорить процесс обработки препаратов, а также расширяет возможности профилактики и предупреждения злокачественных новообразований за счет повышения уровня автоматизации обработки изображений гистологических срезов и качества диагностики. Основной функцией

АСОАИ является извлечение требуемой, значимой информации, определяющей эффективность работы систем обработки и распознавания медицинских изображений (СОРМИ).

Масштабы применения методов и средств цифрового анализа изображений в СОРМИ в настоящее время ограничены из-за низкой точности классификации, отсутствия эффективного автоматического подбора параметров сегментации и определения эффективных последовательностей операторов обработки изображений.

Для преодоления указанных недостатков разработана модификация эволюционного подхода по построению эффективных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов [1]. В котором потенциальное решение (хромосомы) представлены в виде направленных ациклических графов, где нетеминальные узлы являются стандартными операторами обработки изображений, а конечные - выходными плоскостями изображений. Разработаны функциональное и терминальное множества, проблемно-ориентированные операторы кроссинговера и мутации.

***Краткая постановка задачи разработки инструментальных средств обработки и распознавания изображений.*** Задача инструментальных средств обработки и распознавания изображений на основе эволюционных моделей заключается в том, чтобы по изображениям обучающего множества  $G$  определить такую последовательность операций обработки изображений (ООИ) с соответствующим набором параметров, при которой критерий оценки качества распознавания  $F(G)$  принимает экстремальное значение ( $f_{ц} \rightarrow 1$ ).

Качество процесса обработки и распознавания изображений (ОРИ) определяется с помощью оценки целевой функции (ЦФ)  $f_{ц}$ . Для задач обработки и распознавания изображения применяются ЦФ [1-2], которые не учитывают подстройку систематической ошибки поиска в зависимости от значений чувствительности ( $SV$ ) и специфичности ( $SP$ ):

$$SV = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (1)$$

$$SP = \frac{TN}{TN + FP}, \quad (2)$$

где  $TP$  - количество правильно найденных значений позитива,  
 $FP$  - количество неправильно найденных значений позитива,  
 $TN$  - количество правильно найденных значений негатива,  
 $FN$  - количество неправильно найденных значений негатива.

Для поставленной задачи в отличии от [1-3] предлагается целевая функция, использующая понятия чувствительности ( $SV$ ) и специфичности ( $SP$ ):

$$f_d = \beta \cdot SP \cdot SV, \quad (3)$$

где  $\beta$  - нормализующий коэффициент, который определяется по формуле:

$$\beta = \frac{(md - 0,5 \cdot d - 0,5)}{md - 1}, \quad (4)$$

где  $d$  – количество узлов текущей особи,  
 $md$  – параметр ГП соответствующий максимальной длине дерева.

**Структура программной реализации системы инструментальных средств.** Система инструментальных средств имеет модульную структуру и состоит из следующих основных подсистем (рис. 1):

- Подсистема обработки изображений;
- Подсистема подбора эффективных параметров сегментации;
- Подсистема построения эффективных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов.

Система инструментальных средств реализована на объектно-ориентированном языке высокого уровня Delphi 7.0. Разработана в формате СУБД Paradox 7.0 база данных (БД), в которой предусмотрено хранение полученных параметров сегментации и алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов.

«Подсистема обработки изображений» включает в себя набор операторов обработки изображений и морфологические операторы. Также подсистема включает в себя процедуры вычисления значений целевых функций. В случае, если в системе уже существует построенный алгоритм для данного вида гистологического исследования, то «Подсистема обработки изображений» производит чтение соответствующей информации из БД. Далее происходит последовательное применение операторов обработки и распознавания изображений с рассчитанными параметрами.

«Подсистема подбора эффективных параметров сегментации» осуществляет генетический поиск рациональных параметров сегментации изображений. Подсистема позволяет получить значения коэффициентов для отсечения по низким и высоким частотам выбранной плоскости данных. Результаты представляются в виде числовых значений параметров выходной плоскости изображения. По

желанию лица, принимающего решение (ЛПР) значения коэффициентов могут быть занесены в БД, а выходная плоскость сохранена на жесткий диск. В «Подсистему подбора эффективных параметров сегментации» входит модуль стандартного генетического алгоритма, позволяющий осуществлять механизмы селекции, мутации и репродукции и стратегию элитарного отбора.

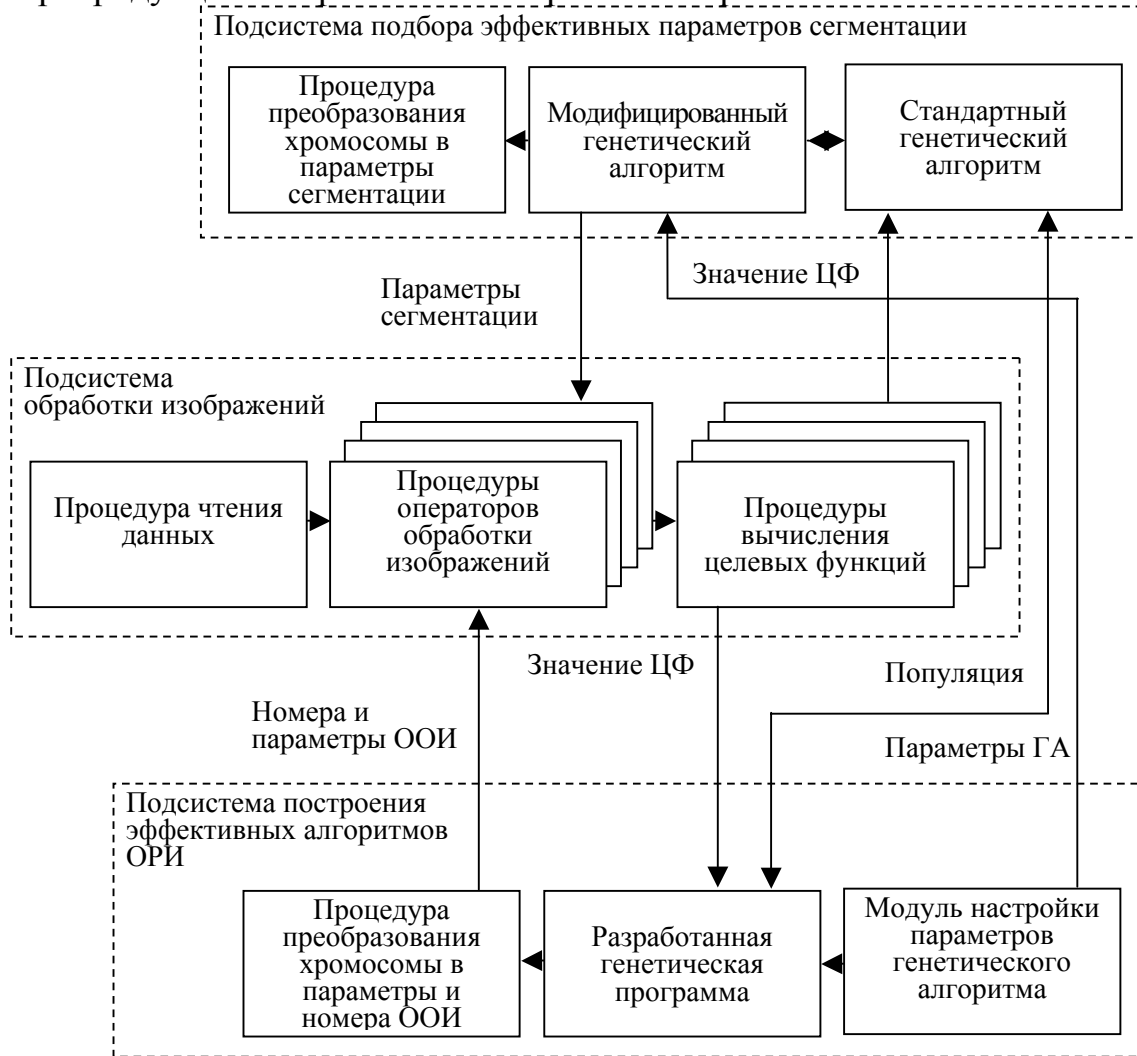


Рис. 1 Структура программной реализации системы инструментальных средств

«Подсистема построения эффективных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов» позволяет определить эффективную последовательность операций обработки и распознавания изображений с соответствующими рациональными параметрами. Результатом работы подсистемы являются номера операторов обработки изображений, из заранее определенного набора, значения их параметров, а так же результирующая плоскость. В случае, если достоверность результатов, представленных на выходной плоскости

изображения, обработанной с помощью построенного алгоритма, утверждена ЛПР, то полученные значения записываются в БД.

Модифицированная эволюционная программа осуществляет операторы мутации узлов программного графа и кроссинговера на основе значения коэффициента связности.

Разработан модуль, в котором имеется возможность задавать параметры ГА для повышения эффективности алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов:

- выбор типа операторов мутации и кроссинговера, а также значения вероятности их выполнения;
- критерий останова алгоритма;
- выбор целевой функции ( $f_A, f_B, f_C$  или  $f_D$ );
- начальные параметры генетического алгоритма (мощность популяции, количество поколений, стратегия отбора, длина хромосомы).

База данных предназначена для хранения информации о последовательности операторов обработки изображений с соответствующими параметрами для каждого вида гистологического исследования и состоит из 4 таблиц формата Paradox 7.0. База данных включает следующие таблицы в виде файлов с расширением \*.DB:

- справочник видов гистологических исследований (HistKind);
- данные по операциям обработки и распознавания изображений для вида гистологического исследования (IPO\_Alg);
- набор входных плоскостей для каждого алгоритма (R\_Planes);
- набор значений параметров операции обработки изображений (IPO\_Param);
- виды параметров операций обработки изображений (Param);

Предложенный способ реализации имеет модульную структуру, состоящую из подсистем «Подсистемы подбора эффективных параметров сегментации» и «Подсистемы построения эффективных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов», которые могут использоваться независимо друг от друга, а так же могут применяться независимо от объекта и быть применены к различным изображениям без перестройки внутренней структуры.

***Экспериментальные исследования разработанной системы инструментальных средств.*** Для проведения экспериментальных исследований и апробации, системы инструментальных средств обработки и распознавания цветных изображений гистологических срезов в качестве объекта выбран набор изображений срезов,

полученный на базе патолого-анатомического отделения «Донецкого областного клинического территориального медицинского отделения (ДОКТМО)».

Проведена серия экспериментов для определения эффективности целевых функций (рис. 2) и рациональных параметров эволюционного процесса (таблица 1).

Таблица 1

Основные результаты экспериментальных исследований

Параметр		Целевая функция			
Наименование	Обозначение	$f_A$	$f_B$	$f_C$	$f_D$
Глубина программного графа	$md$	17	15	7	25
Мощность популяции	$S_{POP}$	75	75	100	50
Количество поколений	$C_G$	7	7	7	8
Вероятность мутации	$P_M$	0,07	0,07	0,07	0,09
Вероятность кроссинговера	$P_C$	0,25	0,5	1	0,75

Также была проведена серия экспериментов, которые подтверждают эффективность модификации целевой функции (рис. 2)

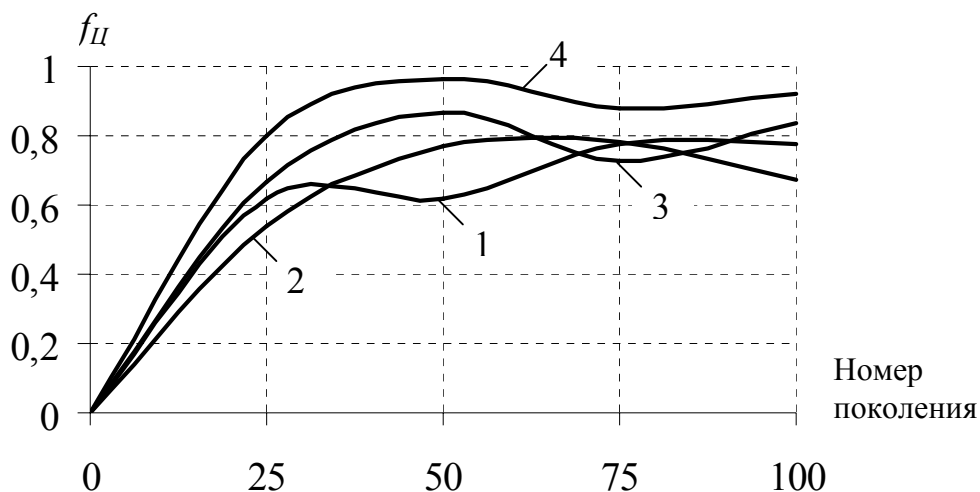


Рис. 2 Сравнительный анализ эффективности целевых функций: 1 –  $f_A$ ; 2 –  $f_B$ ; 3 –  $f_C$ ; 4 –  $f_D$ .

Сравнительный анализ целевых функций показал, что разработанная функция повышает эффективность построенных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов на 9%.

Результаты работы системы инструментальных средств обработки и распознавания изображений гистологических срезов приведены на рис. 3.

**Выводы.** Разработан и реализован новый подход в построении системы инструментальных средств обработки и распознавания изображений гистологических срезов на основе эволюционных моделей. В качестве целевой функции для отбора лучших решений предложено использовать оценку систематической ошибки поиска в зависимости от чувствительности и от специфичности, учитывающей глубину программного графа. Экспериментально доказана эффективность разработанных инструментальных средств в диагностике раковых заболеваний.



а)

б)

Рис. 3 Результаты эволюционных вычислений ( $f_C=0,9214$ )

а) исходное изображение железы

б) обработанное изображение

### **Список использованной литературы**

1. Скобцов Ю.А., Мартыненко Т.В. Построение эффективных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов на основе эволюционных моделей (статья в печати).

2. Poli R. Genetic programming for image analysis. In J. R. Koza, D. E. Goldberg, D. B. Fogel, and R. L. Riolo, editors, Genetic Programming 1996: Proceedings of the First Annual Conference, Stanford University, CA, USA, MIT Press .1996. – С.363–368.

3. Yoda I., Yamamoto K. and Yamada H. Automatic acquisition of hierarchical mathematical morphology procedures by genetic algorithms. Image and Vision Computing, 17(10):749–760, 1999.

Получено 01.06.07