

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ СИНТЕЗА ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ И СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

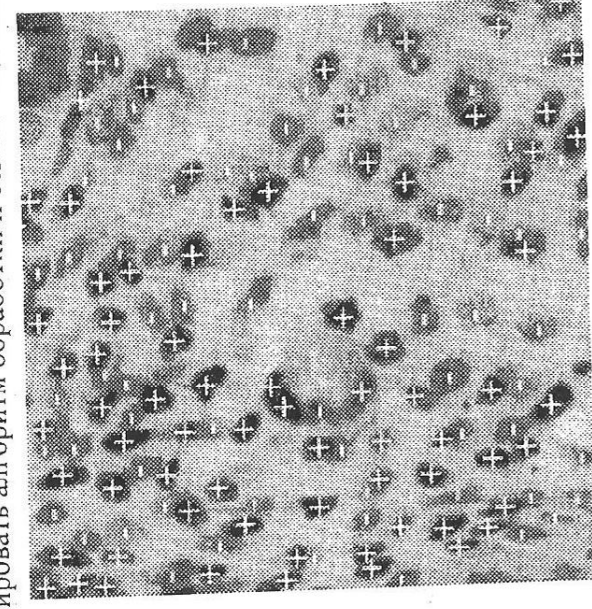
Введение

Актуальность задачи выявления опухолевых клеток определяется возрастанием чистоты онкологических больных. Раковые заболевания являются второй по частоте при смертности в развитых странах. Для диагностики и прогнозирования развития новообразований является гистологическое исследование атипичных клеточных структур. В настоящее время анализ изображений гистологических срезов производится вручную чистыми-морфологами, и вывод о наличии тех или иных признаков злокачественности во многом зависит от врача, который анализирует снимок. Автоматизация обработки изображений гистологических срезов позволяет повысить точность обнаружения изменений внутренних органов при онкологических заболеваниях и ускорить процесс обработки препаратов, и тем самым расширить возможности профилактики и предупреждения появления злокачественных образований.

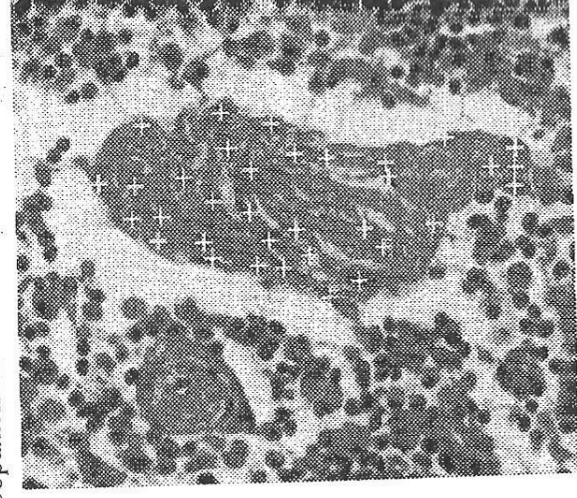
Сложность получения качественных гистологических препаратов и высокая вариабельность большинства гистологических структур не позволили до настоящего времени реализовать эффективных методов по обработке и распознаванию изображений гистологических срезов при диагностике раковых заболеваний.

Фрагменты изображений гистологических срезов лимфатического узла и железы, и их зависимости от взаимного расположения элементов; *б* – результат классификации зависит от взаимного расположения элементов. При сегментации изображения гистологического среза лимфатического узла (рис. 1, *б*) в качестве положительных клеток принимаются клетки, ядра вступили в реакцию с красителем и которые находятся внутри лимфатического узла. В очередь, лимфатический узел окружен жировой тканью, обладающей светлыми цветовыми характеристиками. Ядра, обладающие сходными цветовыми характеристиками и формой, которые вне узла, при анализе данного вида гистологического исследования не учитываются.

Поскольку количество классов и зависимость элементов от их расположения в классе заранее установить невозможно, то для каждого класса элементов необходим алгоритм обработки и сегментации изображения.



а.



б.

Рис. 1

построения эффективных алгоритмов обработки изображений гистологических срезов разработана модификация эволюционного подхода [1, 3], в котором потенциальные (хромосомы) представлены в виде направленных ациклических графов, где нетерминальные узлы являются стандартными операторами обработки изображений, конечные узлы – операторами, а вершины – входными плоскостями изображения. Разработаны функциональное множество, проблемно-ориентированные операторы кроссинговера и мутации.

Постановка задачи оптимизации синтеза эффективных алгоритмов обработки изображений

Задача синтеза эффективного алгоритма обработки и сегментации изображения заключается в том, чтобы для изображений заданного вида гистологического исследования определить такую последовательность операторов обработки изображений с соответствующими значениями параметров, при которой критерий оценки качества сегментации $F(Z)$ стремился к экстремуму:

$$F(\bar{Z}) = \text{extr } F(Z). \quad (1)$$

Значение функции определяется с помощью оценки целевой функции F , которая зависит от вида гистологического исследования и определяется сравнением сегментированного изображения M_k с изображением из обучающей выборки G_i [2].

Для решения поставленной задачи предложена пошаговая процедура обработки изображений. Процедура обработки изображений на n -м этапе обработки; S_i – операция обработки изображения (ООИ); P^S – набор значений параметров ООИ; n – номер последовательно выполненных операций обработки изображения; i – порядковый номер ООИ из набора доступных; M_n – промежуточное изображение, полученное на предыдущих шагах на основе которого строится изображение M_n :

$$M_n = \text{operate}(S_i, P^S, M_{n-1}), \quad (2)$$

$$N_n = (n_1, n_2, \dots, n_{z(S_n)}). \quad (3)$$

Поскольку не известно, какая именно цветовая схема обеспечит наиболее эффективную процедуру сегментации, то предложено представить входное изображение как набор цветных плоскостей:

$$I = \{C, R, G, Blue, H, Light, S, L, a, b, u, v\}. \quad (4)$$

Каждая цветовая плоскость содержит значения пикселей изображения в одной из цветных плоскостей (ЦП): RGB, HLS, Lab и Luv.

Всего 12 цветных плоскостей будут фиксированы:

$$\begin{aligned} M_0 &= C; & M_1 &= R; & M_2 &= G; & M_3 &= Blue; \\ M_4 &= H; & M_5 &= Light; & M_6 &= S; & M_7 &= L; \\ M_8 &= a; & M_9 &= b; & M_{10} &= u; & M_{11} &= v. \end{aligned} \quad (5)$$

Основной задачей синтеза алгоритма обработки изображения – определить путь от входного цветного изображения до выходного бинарного. В результате синтеза эффективных алгоритмов сегментации с помощью эволюционного метода возможно получение последовательно идущих однотипных операций. Для увеличения скорости обработки и сегментации изображения гистологического среза предлагается заменить последовательно идущих однотипных операций их композицией:

$$M_n = \text{comp}(M_{n-k}, \bar{P}^S), \quad (6)$$

где k – количество однотипных операций; \bar{P}^S – набор композиционных параметров. В качестве критерия эффективности, используется комплексная оценка, включающая скорость [1, 3] и скорость работы синтезированных алгоритмов обработки изображений.

Структура программных средств синтеза эффективных алгоритмов обработки и сегментации изображений

Программный комплекс имеет модульную структуру и состоит из функциональных блоков: обработки изображений и построения эффективных алгоритмов обработки и сегментации изображений гистологических срезов.

Программный комплекс реализован 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.

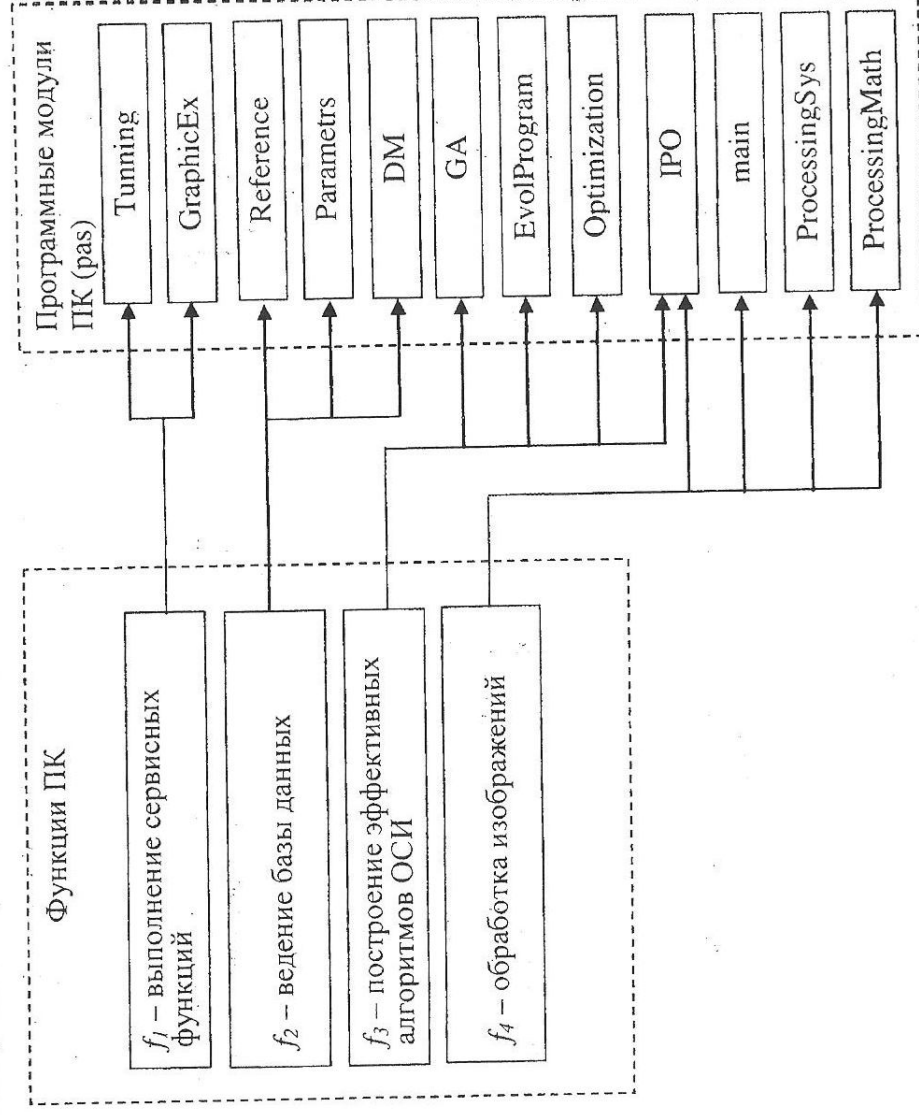


Рис. 2

Физически структура программных модулей представляет собой главный файл (main.exe) и набор модулей, реализующих функции программного комплекса (ПК) (рис. 2):

- Tuning.pas – задание параметров эволюционного алгоритмов;
- Reference.pas – взаимодействие с БД; Parametrs.pas – подтверждение занесения параметров в БД;
- GA.pas – проблемно-ориентированные генетические операторы (селекция, мутация, репродукция);
- EvolProgram.pas – построение эффективного алгоритма обработки и сегментации изображений (ОСИ) на основе эволюционных моделей;
- Optimization.pas – оптимизация синтезированных алгоритмов обработки и сегментации изображений;
- IPO.pas – набор операторов обработки и сегментации изображений;
- GraphicEx.pas – позволяет работать с графическими файлами различных форматов;
- main.pas – координация и отображение результатов работы ПК;

ProcessingSys.pas – описание структуры типов эволюционной модели, ProcessingMath.pas – дополнительные математические функции, выполнение всего комплекса функций ПК, разработанные модули организуются модулем (main) в структуру (рис. 3) согласно разработанной архитектуре программ-средств.

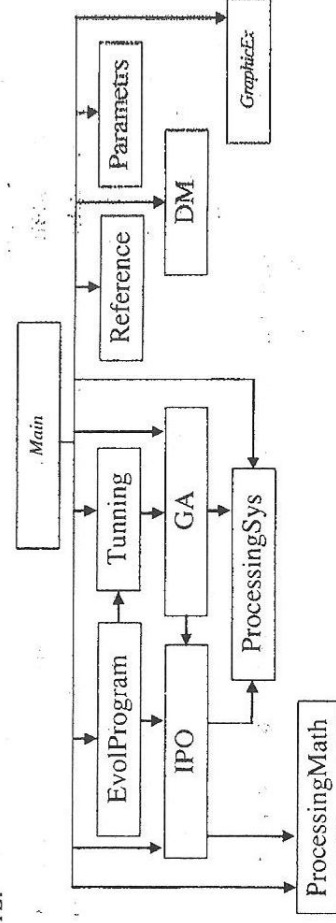


Рис. 3

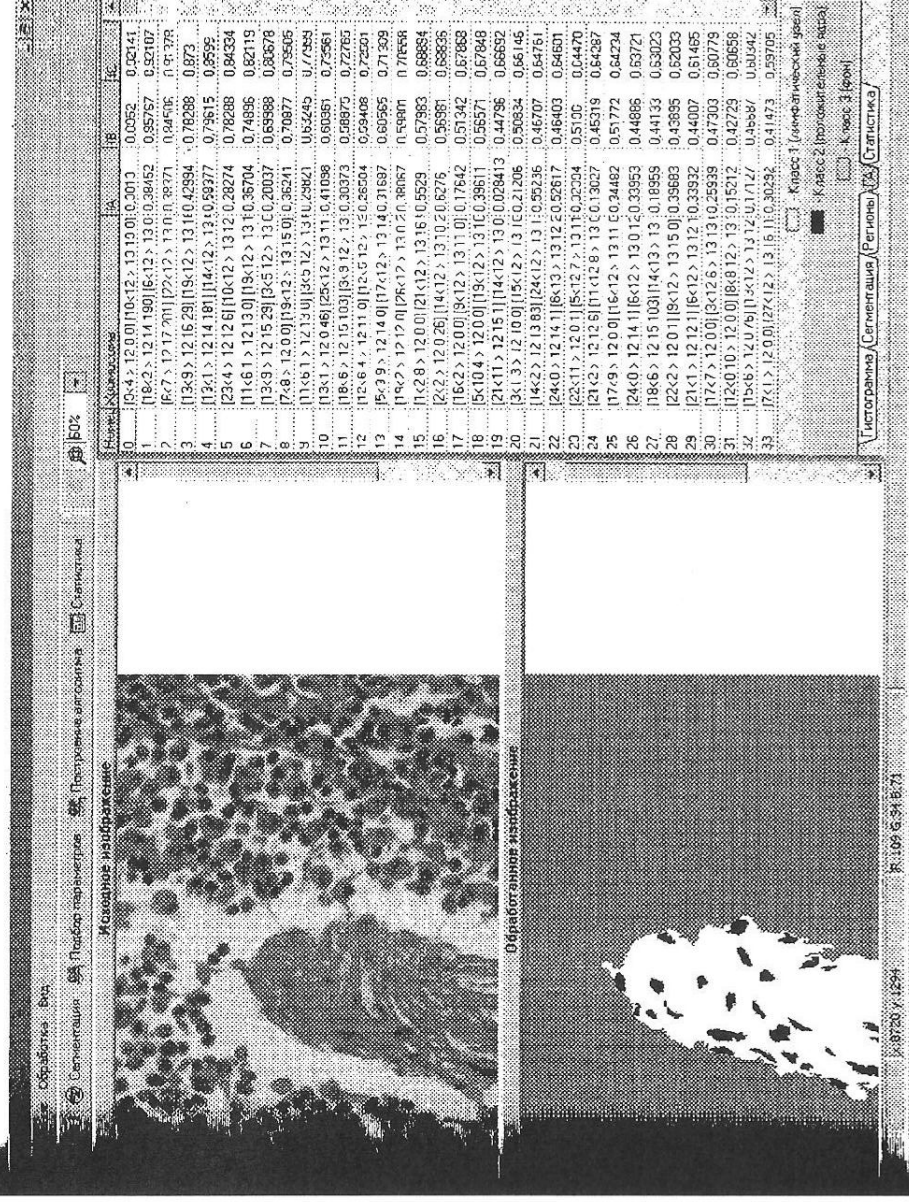


Рис. 4

Главный модуль (main.exe) обеспечивает интеграцию разработанных модулей и станцию их вызовов. Модуль может работать в одном из следующих режимах:

- «Обработка изображения» – основной режим, в котором происходит обработка изображения в зависимости от вида гистологического исследования с помощью синтезированного алгоритма. Перед выполнением обработки осуществляется ввод вида гистологического исследования и загрузка информации о нем из БД.

«Построение эффективного алгоритма» – осуществляет построение эффективного алгоритма обработки и сегментации изображений гистологических срезов с помощью разрабо-

танной эволюционной программы. Перед выполнением эволюционного процесса осуществляется ввод обучающей и тестовой выборки изображений. Экранная форма результатов строения эффективных алгоритмов обработки и сегментации изображения гистологического среза лимфатического узла представлена на рис. 4.

Результаты работы программы в режиме «Построение эффективного алгоритма» ставляются в виде набора зависимостей значений целевых функций от количества поколений о последней популяции с указанием наилучшего решения, представленных в виде таблицы и изображения, обработанного с помощью синтезированного алгоритма.

Модульная структура разработанного программного комплекса позволяет независимо работать с отдельными функциональными блоками и может применяться к различным случаям без перестройки внутренней структуры.

Экспериментальные исследования оптимизации синтеза эффективных алгоритмов обработки изображений

Для исследования скорости обработки изображений была проведена серия экспериментов на базе паталого-анатомического отделения Донецкого областного клинического тораиального медицинского объединения. Результаты экспериментов показали, что использование синтезированных композиционных алгоритмов обработки изображений при увеличении скорости обработки в среднем на 53 %.

На рис. 5 показана зависимость длительности обработки изображения T от количества изображений k : 1 – обработка изображения синтезированным алгоритмом; 2 – композитный алгоритм обработки изображения.

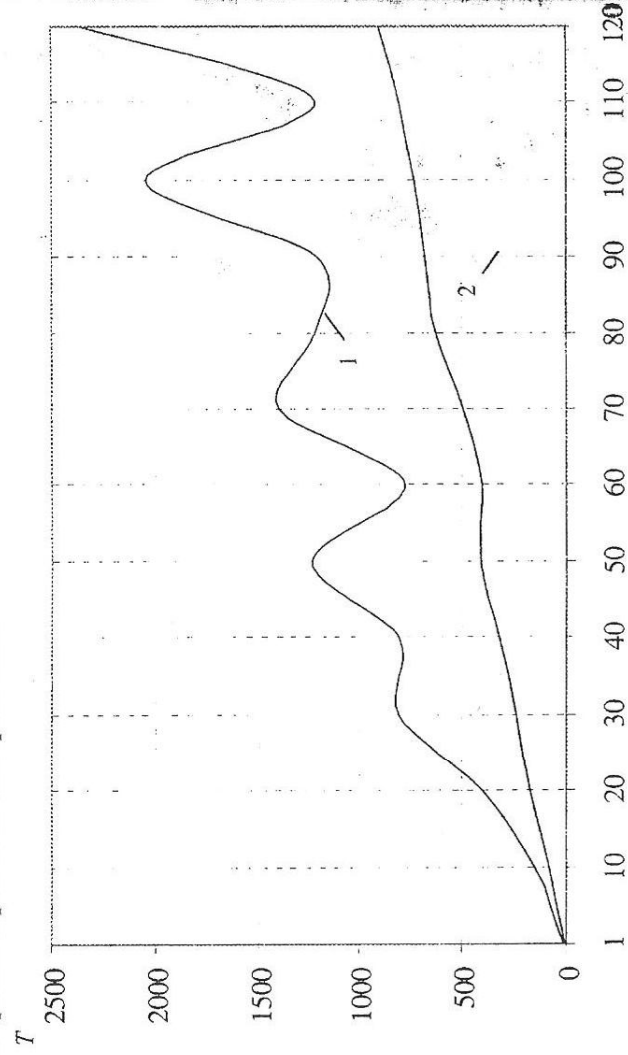


Рис. 5

Выводы

Разработана структура программных средств синтеза эффективных алгоритмов обработки и сегментации изображений на основе эволюционных моделей. Предложена оптимизированная структура алгоритмов обработки изображений за счет ввода композиционных элементов. Предложенный метод позволяет повысить скорость обработки изображений гистологических срезов.

Список литературы: 1. Мартыненко Т. В. Инструментальные средства обработки и распознавания гистологических срезов на основе эволюционных моделей // Моделирование и обработка изображений: Материалы 2-й междунар. науч.-техн. конференции. Донецк: ДонНТУ; Министерство образования и науки Украины, 2007. С. 246-252. 2. Скобцов Ю. А., Мартыненко Т. В. Построение

тивных алгоритмов обработки и распознавания изображений гистологических срезов на основе
множественных моделей // Компьютерные науки и информационные технологии: Тез. докл. междунар.
7-й конф., посвященной памяти проф. А. М. Богомолова. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2007. С. 107-
113. *Скобцов Ю. А., Мартыненко Т. В.* Эволюционные методы обработки цветных изображений на
основе гистологических срезов // Наук. праці донецького національного технічного університету.
"Обчислювальна техніка та автоматизація". Донецьк, 2008. Вип. 14(129). С. 147-155.

Донецкий национальный технический университет

Поступила в редколлегию 08.02.2009

