

Ю.А. Скобцов, Т.В. Мартыненко  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: [skobtsov@kita.dgtu.donetsk.ua](mailto:skobtsov@kita.dgtu.donetsk.ua), [mart@kita.dgtu.donetsk.ua](mailto:mart@kita.dgtu.donetsk.ua)

## ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Введение.** Для повышения уровня “интеллекта” и эффективности современных методов обработки изображений, расширения их возможностей применяются различные методы искусственного интеллекта. Одним из самых перспективных направлений является использование эволюционных вычислений (ЭВ).

Особенности идей теории эволюции и самоорганизации заключаются в том, что они находят свое подтверждение не только для биологических систем, успешно развивающихся многие миллиарды лет. В настоящее время бурно развивается новое направление в теории и практике искусственного интеллекта эволюционные вычисления – термин, обычно используемый для общего описания алгоритмов поиска, оптимизации или обучения, основанных на некоторых формализованных принципах естественного эволюционного отбора. Эволюционные вычисления используют различные модели эволюционного процесса. Среди них можно выделить следующие основные парадигмы:

1. Генетические алгоритмы (ГА);
2. Эволюционные стратегии (ЭС);
3. Эволюционное программирование (ЭП);
4. Генетическое программирование (ГП).

Отличаются они, в основном, способом представления искомых решений и различным набором используемых в процессе моделирования эволюции операторов. Отметим, что в настоящее время все парадигмы используются при обработке и распознавании изображений.

**Общая постановка проблемы.** Основной целью компьютерных систем анализа изображений (КСАИ) является выделение и распознавание объектов. Одним из основных этапов КСАИ, влияющих на их эффективность, является обработка цифровых изображений. Обобщенно функциональную схему КСАИ можно представить как последовательность этапов (рис. 1): предварительная обработка, выделение границ и сегментация, выделение признаков, распознавание и интерпретация.

Первый из этапов, указанных на схеме, отражает процесс формирования цифрового изображения с помощью отображающих систем: фотографических, голографических, телевизионных и т.д. В результате изображения обычно подвергаются воздействию различных случайных помех и шумов, которые необходимо уменьшить на этапе предварительной обработки. Для улучшения качества изображения, т.е. отделение исходного сигнала от внешних воздействий обычно используются методы контрастирования, фильтрации, подчеркивания границ и т.д. На следующем этапе происходит разбиение исходного изображения на набор непустых непересекающихся связанных подмножеств в соответствии с некоторым условием (например, критерий однородности, основанный на оценке максимальной разности яркости отдельного пикселя и среднего значения яркости, вычисленного по соответствующей области). Например, результат сегментации изображений гистологического среза лимфатического узла приведен на рис.2. Следующий этап производит расчет признаков выделенных объектов изображения, позволяющий осуществлять дальнейшее их распознавание и интерпретацию. Например, для изображений гистологических срезов были вычислены такие параметры, как периметр, площадь, эксцентриситет и т.д. На основе рассчитанных параметров осуществляется отнесение клеток на изображении к одному из классов, например, раковые или нераковые. На последних этапах происходит анализ обработанного изображения, а так же представление его полезной составляющей в виде, удобном для специалиста.

Следует отметить, что для осуществления автоматической обработки обычно используются априорные знания из базы знаний.

**Применение генетических и эволюционных вычислений в обработке изображений.** Для решения конкретной задачи эволюционным методом необходимо, как минимум, выполнить следующее [1]:

- 1) разработать представление (кодирование) потенциального решения (хромосомы);
- 2) определить генетические операторы кроссинговера и мутации;

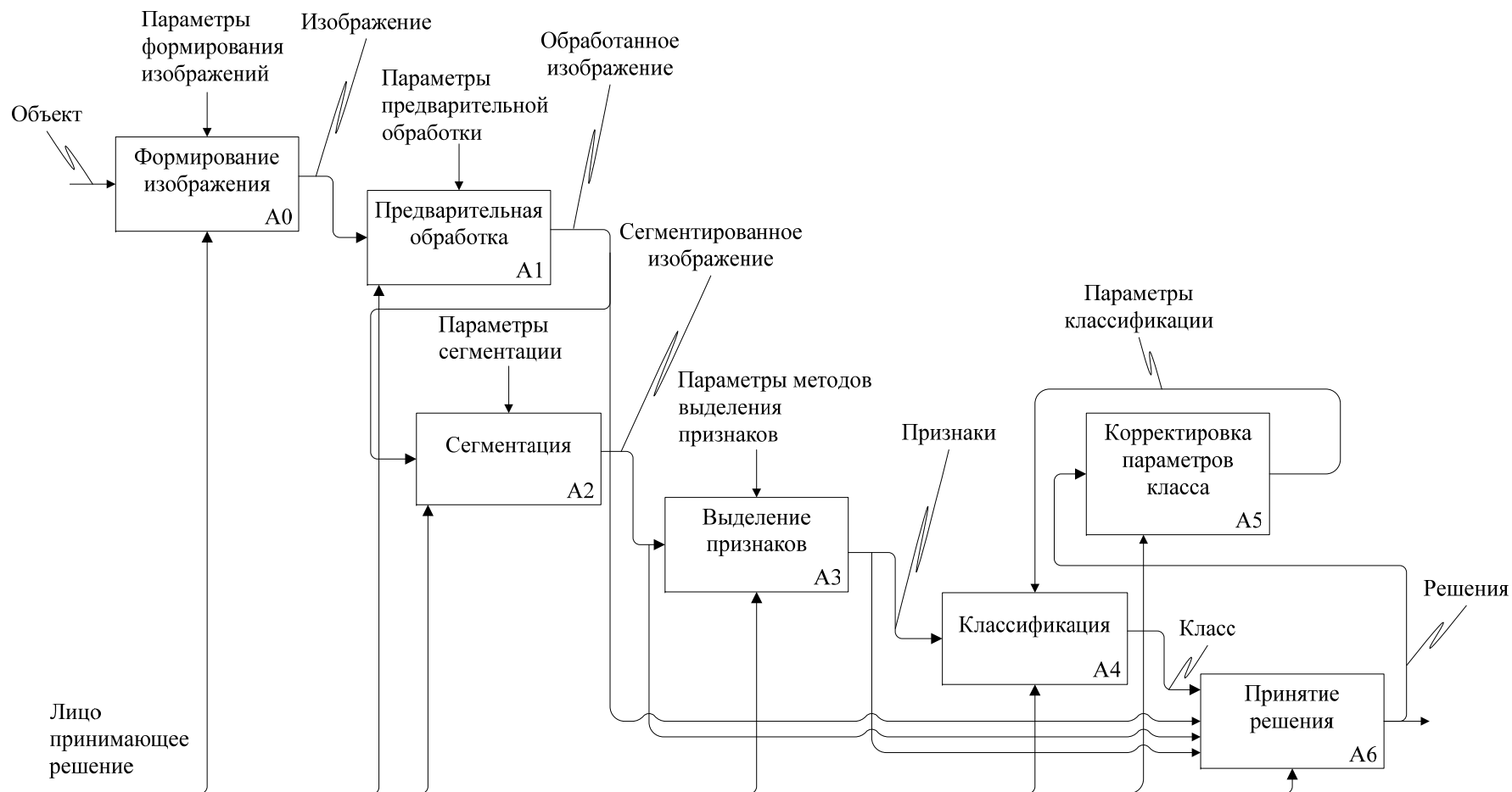


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема КСАИ

- 3) определить фитнес-функцию, которая позволяет оценить качество решения;
- 4) разработать общий эволюционный алгоритм решения задачи.

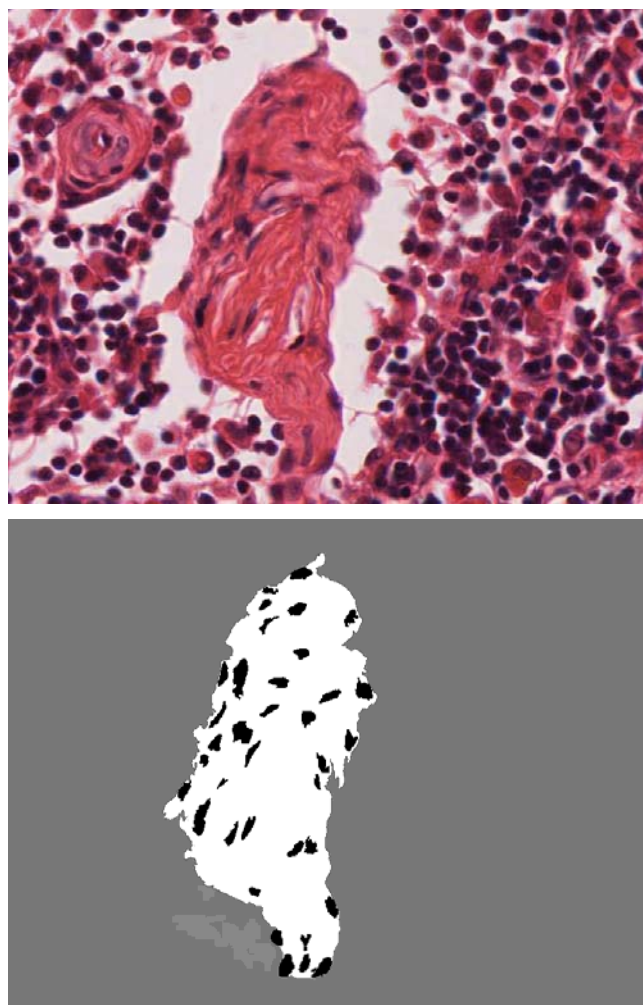


Рис. 2 Результат сегментации изображений гистологического среза лимфатического узла  
 □ – Класс 1 (лимфатический узел); ■ – Класс 2 (положительные ядра); ▒ – Класс 3 (фон)

Основные работы по использованию ЭВ в обработке изображений сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Применение ЭВ в обработке изображений

Область обработки изображений	Год	Исследователи, публикации	Описание
Предварительная обработка	1999	Saitoh F. Image contrast enhancement using genetic algorithm. IEEE international conference on systems, man, and cybernetics, IEEE SMC'99, 1999, Vol.4, 899 – 904.	ГА используется для улучшения контраста изображения с помощью составления карты интенсивностей в соответствии с определенным форматом.
	2004	Lukac R., Plataniotis K.N., Smolka B., Vene-tsanopoulos A.N. Color image filtering and enhancement based on genetic algorithms. Proceedings of the international symposium on circuits and systems, ISCAS '04, 2004, Vol.3, 913 – 916.	Оптимизация весовых векторов направленных фильтров для фильтрации и улучшения качества цветных изображений с использованием ГА.

Продолжение таблицы 1

Область обработки изображений	Год	Исследователи, публикации	Описание
Предварительная обработка	2006	Kohmura H., Wakahara T. Determining optimal filters for binarization of degraded characters in color using genetic algorithms. Proceedings of 18th international conference on pattern recognition, 2006, Vol.3, 661 – 664.	Использование ГП для определения оптимальной последовательности фильтров обработки изображений, применяемых к различным видам размытостей в пределах одной сцены.
Определение геометрических примитивов и формы	1999	Yin P.-Y. A New CircleEllipse Detector Using Genetic Algorithms, Pattern Recognition Letters, 20,1999, pp. 73 1-740.	Определение круга и эллипса, с использованием гибридной схемы, которая включает ГА и метод локального поиска. Хромосома: параметры, представляющие форму примитивов.
Определение геометрических примитивов и формы	1999	Ser P. K., Choy C. S. T., Siu W. C. Genetic Algorithm for the Extraction of Nonanalytic Objects from Multiple Dimensional Parameter Space, Computer Vision and Image Understanding, 73(1), 1999, pp. 1-13.	Преобразование Хафа, основанное на использовании ГА. В качестве фитнес-функции выступает максимальное значение в четырехмерном пространстве параметров Хафа.
		Huang S.-C., Sun Y.-N. Polygonal Approximation Using Genetic Algorithms, Pattern Recognition, 32, 1999, pp.1409-1420.	Метод аппроксимации ломаной линией, основанный на ГА. Хромосома представлена двоичным стрингом, каждый бит которой представляет точку целевой функции.
	2004	Hamarneh G., Abu-Gharbieh R., McInerney T. Medial profiles for modeling and statistical analysis of shape. International Journal of Shape Modeling, 10(2):187–209, 2004.	Используется иерархический принцип анализа главных компонент в совокупности с ГА для определения наглядных деформаций медицинских объектов. Здесь ГА применяется для автоматического вычисления набора параметров.
Сегментация	1999	Bhandarkar S. M., Zhang H. Image Segmentation Using Evolutionary Computation, IEEE Trans. on Evolutionary Computation, 3(1), 1999, pp. 1-21.	Гибридный алгоритм, комбинирующий ГА и алгоритмы стохастического отжига. Хромосома представляет собой 2хмерный массив, в котором хранится количество областей для каждого пикселя.
		Cagnoni S., Dobrzeniecki A. B., Poli R. Genetic Algorithm-Based Image Segmentation of 3D Medical Images, Image and Vision Computing, 17,1999, pp. 881-895.	Адаптивный эволюционный метод оптимизации параметров определения контура с использованием ГА.
	2003	Li C. T., Chiao R. Multiresolution genetic clustering algorithm for texture segmentation. Image and Vision Computing, 21:955–966, 2003.	Рассматривается применение ГП для текстурных изображений, в котором целевая функция основанная на сходстве текстурных характеристик изображений.

Продолжение таблицы 1

Область обработки изображений	Год	Исследователи, публикации	Описание
Сегментация	2006	Melkemi K. E., Batouche M., Fougou S. A multiagent system approach for image segmentation using genetic algorithms and extremal optimization heuristics. <i>Pattern Recognition Letters</i> , 27:1230–1238, 2006.	Применение ГП для комбинации результатов различных методов сегментации.
	2007	Lai C.C., Chang C.Y. A hierarchical evolutionary algorithm for automatic medical image segmentation. <i>Expert Systems with Applications</i> , 2007.	Использует эволюционный алгоритм для автоматической сегментации медицинских изображений. Применяемая в работе целевая функция может рассматриваться как критерий оценки иерархического процесса.
Распознавание и интерпретация объектов	1999	Fischer D., Kohlhepp P. An Evolutionary Algorithm for the Registration of 3d Surface Representation, <i>Pattern Recognition</i> , 32, 1999, pp. 53-69.	Применение эволюционных вычислений для определения отличия между 3хмерной плоскостью и изображением в системе распознавания и нахождения местоположения 3хмерных объектов.
	2000	Mignotte M., Collet C., Perez P. Hybrid Genetic Optimization and Statistical Model-Based Approach for the Classification of Shadow Shapes in Sonar Imagery, <i>IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence</i> , 22(2), 2000, pp. 129-141.	Статистический метод основан на использовании гибридного ГА для классификации формы теней искусственных объектов на ультразвуковых изображениях.
Распознавание и интерпретация объектов	2005	Karkavitsas G., Rangoussi M. Object localization in medical images using genetic algorithms, <i>Proceedings of world academy of science, engineering and technology Volume 2 January 2005</i> .	Предложено применение ГА к определению локализации объектов и распознаванию класса медицинских изображений, содержащих клетки крови.

Для определения эффективности применения ЭВ в задачах обработки изображений, был проведен сравнительный анализ с другими методами. Результаты анализа литературных источников сведены в таблицу 2, в которой 1 соответствует повышению точности при использовании ЭВ, -1 – понижение, 0 – применение ЭВ существенно не изменило точности.

Таблица 2. Сравнение точности методов обработки изображений

Область обработки изображений	Наименование метода	Результат сравнения
Выделение контуров	Метод Кэнни	1
	Метод локального поиска	1
	Метод «Моделирование отжига»	1
Исследование формы	Метод «Моделирование отжига» (МО)	-1
	Обобщенное преобразование Хафа	1
	Преобразование Хафа	1
Сегментация	Классические методы	1
	Разделение и слияние областей	1
	Классические методы	1

Продолжение таблицы 2

Область обработки изображений	Наименование метода	Результат сравнения
Выделение признаков	Последовательный поиск	1
	Метод ветвей и границ	1
Кластеризация	Алгоритм k-средних	1
	Fuzzy алгоритм k-средних	1
Классификация	Нейронные сети	1
	Байесовский классификатор	0
	k-ближайших соседей	1
Распознавание и интерпретация объектов	Алгоритм, основанный на градиенте	1
	Классические методы	1
	Нейронные сети (НС)	1
	Распознавание с помощью человека-эксперта	1

**Анализ полученных результатов.** В результате анализа можно отметить, что при сравнении решений, полученных с помощью классических и эволюционных, последние дают значительно большую точность. В большинстве случаев, методы, основанные на применении ЭВ, превосходят нетрадиционные методы, такие как НС и МО. Несмотря на то, что время получения решения указано не во всех источниках, можно отметить следующее: 1) результаты, полученные за приемлемое время, указаны в [2]; 2) неудовлетворительное время получения решения было приведено в [3]. При сравнении с другими методами: 1) обнаружено увеличение скорости получения решения, например, с помощью алгоритмов, основанных на градиентных методах и МО [4]; 2) время решения, методов фактически совпадает; 3) время получения решения с помощью ЭВ больше, чем классическими методами, например [3]. Наибольших временных ресурсов при решении требуют методы, основанные на ГП, что связано с затратами на стадии обучения.

График зависимости количества работ по использованию ЭВ в задачах обработки изображений, приведен на рис. 3. График построен на основе базы данных, собранной в [5].

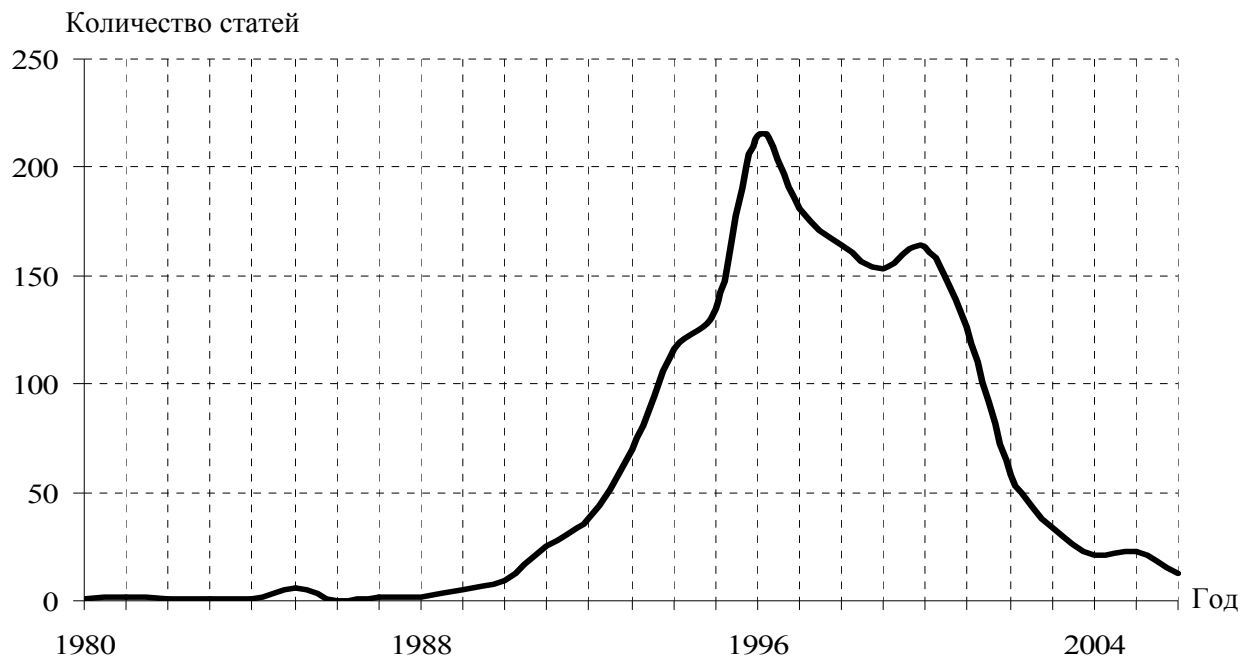


Рис. 3. Зависимость количества статей по использованию ЭВ в задачах обработки изображений

Распределение количества статей в зависимости от области обработки изображений представлено на рис. 4.

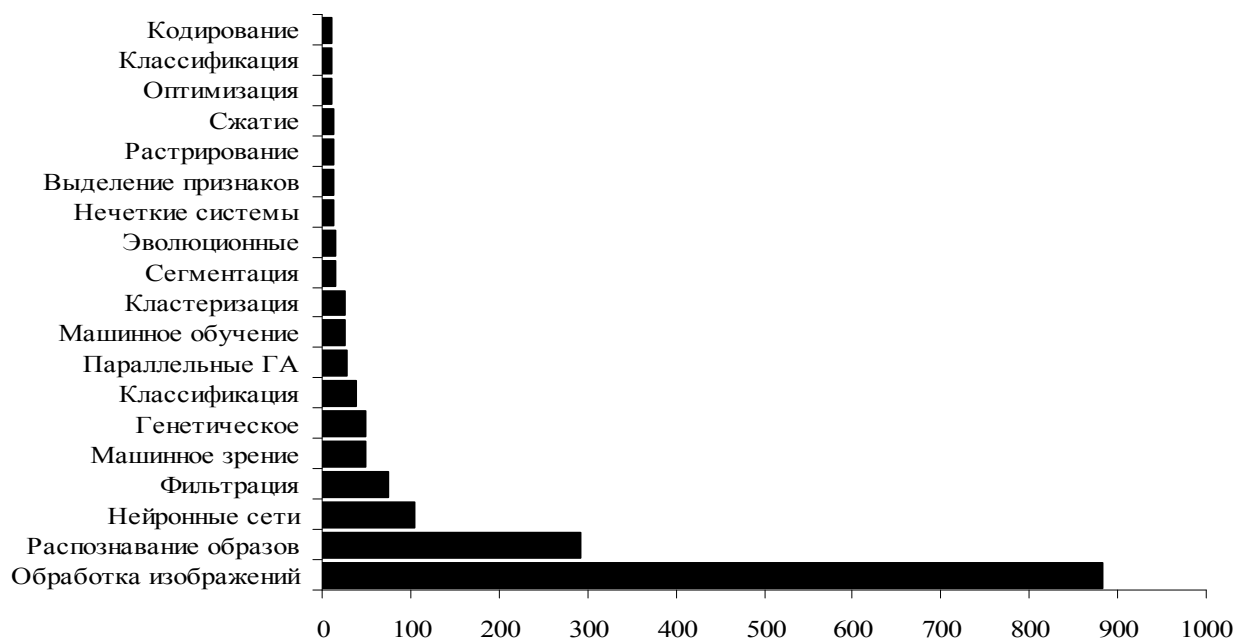


Рис. 4. Распределение количества статей в зависимости от области обработки изображений

**Выводы.** В результате проведенного анализа выявлено, что точность решений, полученных с помощью методов, основанных на ЭВ выше, чем точность решений традиционных методов подходов, использующих метод моделирования отжига или нейронные сети. Также следует отметить, что время поиска решения для некоторых задач при применении ЭВ гораздо больше, чем при классическом. Однако, время поиска решений с использованием классических методов, таких как МО и НС, больше, чем при применении методов ЭВ.

Поэтому при выборе метода решения конкретной задачи предлагается:

- 1) использование ЭВ, в результате которых получаются приемлемые решения;
- 2) применение гибридных алгоритмов поиска, которые используют как классические (например, градиентные), так и эволюционные методы.
- 3) объединение эволюционных с обычными алгоритмами обработки изображений;
- 4) выделение наиболее существенных параметров при обработке изображений;
- 5) использование параллельных вычислений для оценки целевой функции.

В целом применение ЭВ позволяет повысить эффективность обработки для многих классов изображений.

#### Список литературы

1. Скобцов Ю.А. Основы эволюционных вычислений. Донецк: ДонНТУ, 2008. – 326с.
2. Bhandarkar S. M., Zhang H. Image Segmentation Using Evolutionary Computation, IEEE Trans. on Evolutionary Computation, 1(1), 1999, pp. 1-21
3. Ser P. K., Choy C. S. T., Siu W. C. Genetic Algorithm for the Extraction of Nonanalytic Objects from Multiple Dimensional Parameter Space, Computer Vision and Image Understanding, 73(1), 1999, pp. 1-13.
4. Mignotte M., Collet C., Perez P. Hybrid Genetic Optimization and Statistical Model-Based Approach for the Classification of Shadow Shapes in Sonar Imagery, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(2), 2000, pp. 129-141.
5. Alander J. T. An Indexed Bibliography of Genetic Algorithms in Optics and Image Processing. Report Series No. 94-1-OPTICS. Department of Electrical Engineering and Automation University of Vaasa.