выше средней формируют показательно возрастающее количество своих представителей в последующих поколениях генетического алгоритма. В соответствии с теоремой важным становится кодирование, которое должно обеспечивать построение схем малого порядка, с малым охватом и с приспособленностью выше средней.

Заключение. В настоящее время эволюционные вычисления представляют одну из развивающихся областей науки, исследования в которой ведут к постоянному повышению эффективности их использования и к появлению новых подходов к построению конкретных алгоритмов. Они, все чаще, применяются при интерактивном управлении технологическими процессами на металлургических и химических предприятиях. Развитие теории решения комбинаторных задач оптимизации происходит непосредственно под влиянием запросов практики, в частности, необходимости производить оптимальный выбор решений на множестве вариантов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
2. *Мелихова О.А., Мелихова З.А.* Использование генетических алгоритмов при управлении сложными технологическими процессами // Труды Конгресса по ИС и ИТ “IS&IT'11”. – М.: Физматлит, 2011. – Т. 2. – С. 36-41.
3. *Мелихова О.А., Мелихова З.А.* Использование генетических алгоритмов при построении систем искусственного интеллекта // Труды Конгресса по ИС и ИТ “AIS-IT'10”. – М.: Физматлит, 2010. – Т. 1. – С.47-54.
4. *Курейчик В.М.* Биоинспирированный поиск с использованием сценарного подхода // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 7-13.
5. *Курейчик В.М., Кажаров А.А.* Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-36.

Статью рекомендовала к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Мелихова Оксана Аскольдовна – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: ao@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Melikhova Oksana Askoldovna – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: ao@tsure.ru; 1, Engelse street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; associate professor.

УДК 681.31

А.Ю. Полуян, И.В. Марейченко

ПОСТРОЕНИЕ БИОНИЧЕСКОГО ПОИСКА ДЛЯ ЗАДАЧ ОБ ЭКСТРЕМАЛЬНОМ ПУТИ НА ОСНОВЕ СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ

Рассматривается проблема разработки алгоритма бионического поиска для задач об экстремальном пути на графе. В настоящее время разработка эффективных методов и алгоритмов для задач данного типа осуществляется много лет, являясь по-прежнему актуальной проблемой. Перспективной является разработка бионических алгоритмов (БА) на основе эволюционных стратегий, особенно при решении трудоемких задач оптимизации. К преимуществам можно отнести: возможность выполнения эволюционного и генетического поиска, а также то, что БА состоит в параллельной генерации наборов квазиоптимальных альтернативных решений с возможной «миграцией» решений между этими

наборами. Предложена реализация общей стратегии адаптации размера популяции использованием последовательности решета Эратосфена, позволяющая адаптироваться к характеристикам бионического поиска.

Экстремальный путь; методы; адаптация; эффективность; бионический поиск; генетический оператор; алгоритм.

A.Yu. Poluyan, I.V. Mareychenko

CREATION OF BIONIC SEARCH FOR TASKS ABOUT AN EXTREME WAY ON THE BASIS OF ADAPTATION STRATEGY

In article the problem of development of algorithm of bionic search for tasks about an extreme way on the column is considered. Now development of effective methods and algorithms for problems of this type is carried out many years, being on - former an actual problem. Development of bionic algorithms on the basis of evolutionary strategy is perspective, especially at the solution of labor-consuming problems of optimization. It is possible to carry to advantages: possibility of performance of evolutionary and genetic search, and also that OH consists in parallel generation of sets of quasioptimum alternative decisions with possible "migration" of decisions between these sets. Realization of the general strategy of adaptation of the size of population by use of sequence of a sieve of Eratosfen, allowing to adapt for characteristics of bionic search is offered.

Extreme way; methods; adaptation; efficiency; bionic search; genetic operator; algorithm.

Введение. При решении задач об экстремальных путях, эффективно используют стратегии, концепции, методы и механизмы эволюционного моделирования на основе различных стратегий адаптации. Основные цели адаптации связаны с экстремальными требованиями, предъявляемыми к объекту адаптации в виде максимизации эффективности его функционирования

Бионический поиск доказал свою эффективность при решении трудоемких задач оптимизации, аппроксимации и интеллектуальной обработки данных. К преимуществам бионического поиска относятся адаптивность, способность к обучению, параллелизм, возможность построения гибридных систем на основе комбинирования.

Основная часть. Задачи об экстремальном пути, в течении многих лет, представляют собой актуальное направление исследований в области информационных технологий, теории и практики систем искусственного интеллекта, теоретических основ информатики. Применение классических методов и алгоритмов решения данных задач с экспоненциальной временной сложностью становится неэффективным из-за сложности преодоления локальных оптимумов, большой размерности задачи, помимо того, эвристические методы, большей частью, не адаптированы к параллельным вычислительным системам.

Одним из направлений, позволяющим решить вышеуказанные задачи является разработка алгоритмов последовательного и параллельного бионического поиска, базирующегося на методах эволюционного моделирования.

При решении задач об экстремальном пути, использован эволюционно-оптимизационный подход к моделированию алгоритмов бионического поиска (БП) [1]. Необходимым условием эффективной работы БП является автоматизированная адаптивная настройка алгоритмов. В качестве начальной популяции используется не одно, а несколько альтернативных решений, причем, исходные решения могут быть получены на основе детерминированных алгоритмов. Взаимодействие БП и детерминированных алгоритмов позволяет проводить адаптацию наборов параметров и фокусировать наилучшее решение.

При выполнении бионического поиска нахождении экстремального пути, предлагается выполнить микро, макро и мета-эволюции. При этом, используя мета-эволюцию, создается не одна, а некоторое множество популяций. Поиск решений осуществляется путем объединения хромосом в различных популяциях. На

эффективность БП, в смысле, повышения скорости сходимости алгоритма и процента нахождения глобального или близкого к нему решения влияют методы кодирования потенциальных решений и выбранные параметры популяции.

На рис. 1 представлена модифицированная базисная структура оптимизационного процесса, основанная на принципах бионического поиска для решений задач об экстремальных путях. Предназначение блока адаптации состоит в настройке и изменении порядка использования и применения различных генетических операторов и схем поиска. В блоке МОР (модифицированный оператор рекомбинации), предложена адаптивная стратегия работы оператора. Пути выполнения рекомбинации разбиты на два этапа:

1. Исследование влияния изменения размера популяции на характеристики бионического поиска.

2. Разработка стратегии адаптации размера популяции на основе результатов, полученных на первом этапе.

В результате решения задачи первого этапа, на основании экспериментальных данных, сформулирована следующая стратегия адаптации размера популяции: «Если значение целевой функции в текущей популяции хуже или остается неизменным, как и в предыдущей популяции, то есть отсутствует прогресс, то размер популяции необходимо увеличить. В случае, если значение целевой функции в популяции улучшается, то размер популяции следует уменьшить».

Предложена следующая реализация общей стратегии адаптации размера популяции использованием последовательности решета Эратосфена, позволяющая адаптироваться к характеристикам бионического поиска:

$$N(t+1) = N(t) + (N(t) - KI) * z(t) / q_N,$$

$$KI = \left(1 - p\left(x_t^k\right) * R_p\right),$$

$$z(t) = \begin{cases} 1, F(t) \geq F(t+1) \\ -1, F(t) > F(t+1) \end{cases},$$

$$q_N(t) = \begin{cases} u_k, q(t) = q(t-1) \\ u_1, q(t) \neq q(t-1) \end{cases},$$

где KI – количество элитных особей; Rp – размер популяции; $N(t)$ – размер популяции в поколении t; u_k – k-й член последовательности решета Эратосфена; $q(t)$ – направление изменения (увеличение или уменьшение) размера популяции в поколении t; $F(t)$ – значение целевой функции в популяции; k – количество поколений, в течение которых, направление q изменения размера популяции остается постоянным.

При дальнейшей реализации алгоритма лучшие и отобранные элементы из родителей и потомков будут выбираться для формирования новой популяции.

Определяющими эволюцию, служат модифицированные операторы мутации, реализующиеся под действием естественного отбора, на основе методов «двойного решета» и дихотомии [2, 3]. Предложенные модифицированные генетические операторы, ориентированны на создание алгоритмов бионического поиска, для решения задач об экстремальных путях, увеличивают вероятность «выживания» альтернативных решений с лучшим значением ЦФ на 10–15 %.

Блок адаптации предназначен для выбора и реализации различных стратегий и механизмов адаптации. Еще одно предназначение данного блока состоит в настройке и изменении порядка использования и применения различных генетических операторов и схем поиска. Результаты работы блока адаптации оказывают непосредственное влияние на процесс перестройки текущей популяции альтерна-

тивных решений и создания, на ее основе, новой популяции. По сравнению с классической схемой бионического поиска, в предлагаемом бионическом алгоритме добавлен блок анализа неперспективных решений (сортировки и сохранение особей в файл). Данный блок собирает и анализирует решения, получаемые в процессе выполнения алгоритма.

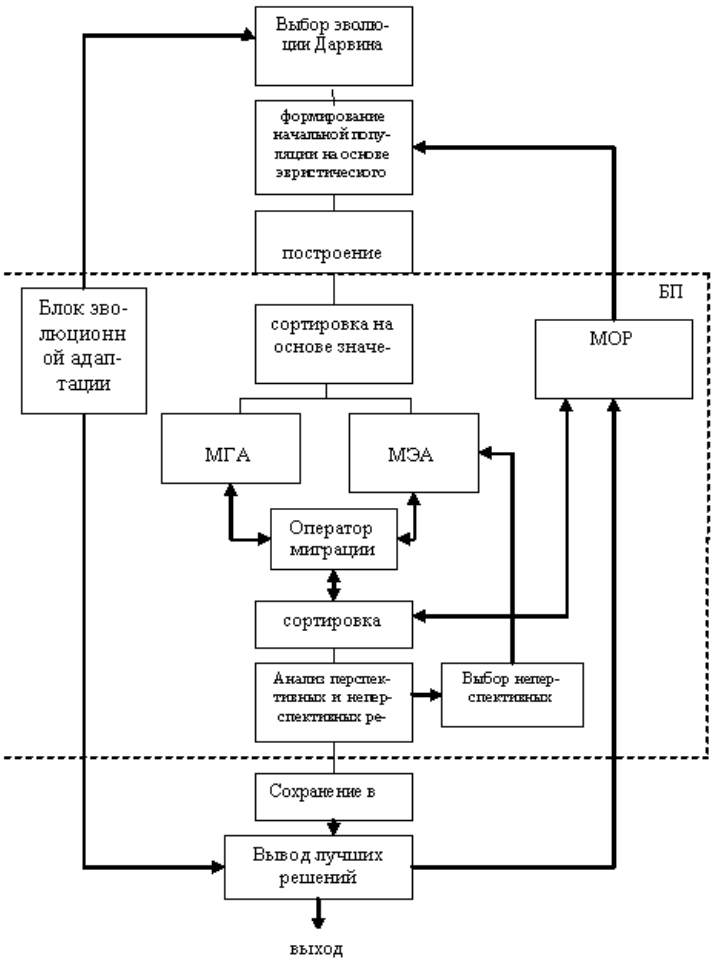

Рис. 1. Модифицированная базисная структура оптимизационного процесса

Каждому решению (индивиду), в результате проведенного анализа, присваивается определённый ранг (перспективное, неперспективное, тривиальное и др.). При этом принимаются во внимание задаваемые на входе алгоритма ограничения области поиска. Проводимое в рассматриваемом блоке ранжирование текущей популяции альтернативных решений позволяет повысить эффективность бионического поиска за счет большей структурированности множества альтернативных решений, и дает возможность динамического регулирования направления поиска. Для накопления статистики работы алгоритма о развитии популяции предусмотрен механизм сохранения в файл перспективных и неперспективных особей. Эта информация может быть использована при повторном решении задачи для изменения её параметров или алгоритма, что и выполняется в блоке анализа полученных решений.

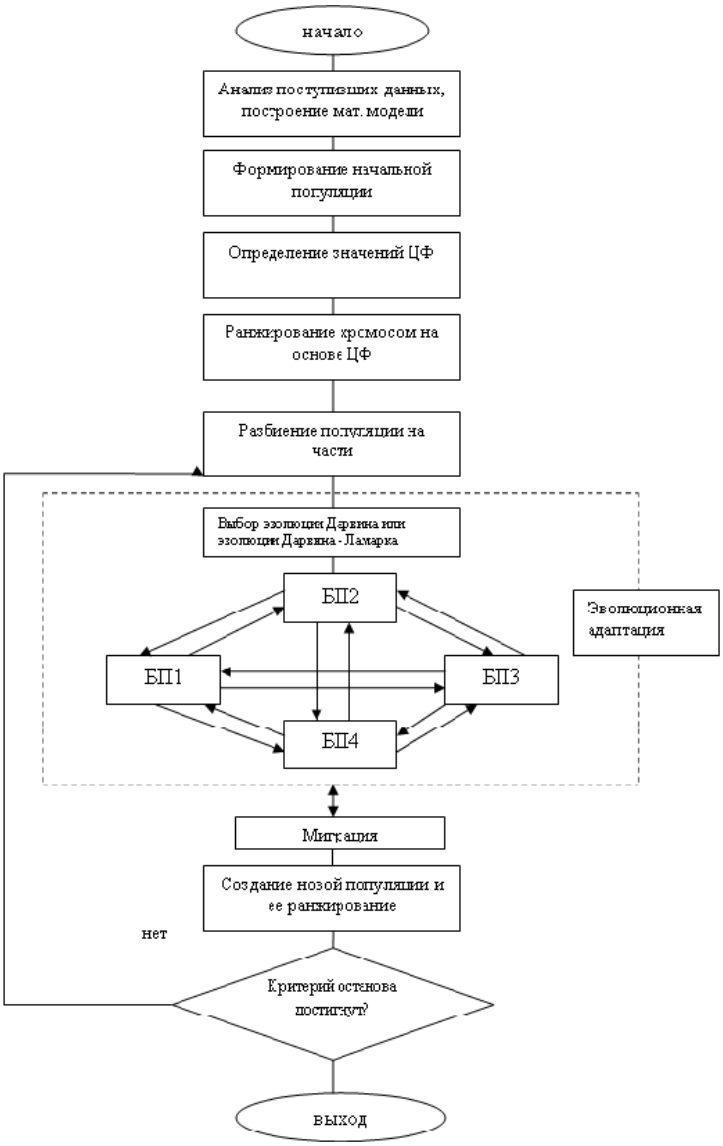

Рис. 2. Структурная схема параллельного бионического поиска

Для минимизации времени работы параллельного бионического алгоритма, необходимо определить оптимальное количество мигрирующих хромосом.

В работе предлагается использовать формулу отбора необходимой численности выборки хромосом для обмена элементами среди подпопуляций:

$$n = \frac{t^2\sigma^2}{\Delta^2},$$

где n – количество хромосом для обмена; Δ – предельная ошибка выборки, представляет собой предел, которым ограничена сверху абсолютная величина $|\varepsilon| < \Delta$; σ – среднеквадратичное отклонение; t – коэффициент, определяемый по таблице Лапласа; Ф(t)=p, где p – заданная вероятность, определяемая ЛПР.

Из гистограммы (рис. 3) видно, что при размерностях задачи (n≥300) бионический алгоритм (БА) и параллельный бионический алгоритм показали преимущество по сравнению с существующими методами, по качеству решения на 15–25 %.

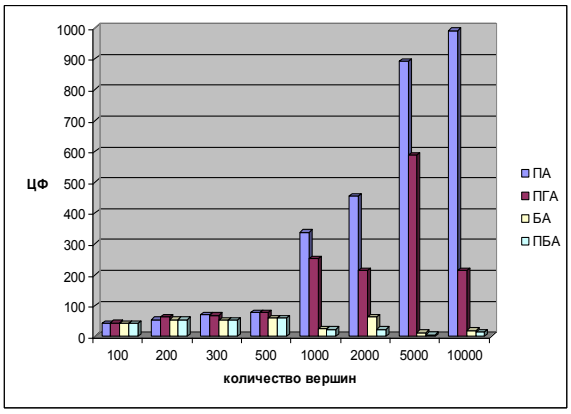

Рис. 3. Гистограмма сравнения качества решения, получаемого разработанными алгоритмами

Заключение. Преимущество разработанной модифицированной базисной структуры оптимизационного процесса, состоит в том, что все строительные блоки связаны с блоком адаптации, предназначено для выбора и реализации различных стратегий и механизмов адаптации, так и между собой. На основе построенного бионического поиска разработан комплекс программ, реализующий предложенные бионические алгоритмы для решения задач об экстремальном пути, позволяющий улучшить качество получаемых решений (для рассмотренных тестовых примеров достигается улучшение точности вычисления целевой функции на 20 % по сравнению с алгоритмами Дейксры и Белмана) и сократить время работы (на 15 % по сравнению с теми же алгоритмами), за счет управления процессом поиска квазиоптимальных решений, путем настройки и варьирования параметров предлагаемых алгоритмов, а также за счет применения параллельных вычислений и предложенного механизма синхронизации полученных решений, на всех этапах поиска.

Предложенные алгоритмы позволяют сократить область поиска допустимых решений на 15–20 % и получить оптимальные результаты за приемлемое время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Курейчик, В.М.* Совместные методы квантового и бионического поиска // Труды конференций IEEE AIS’04, CAD-2004. – М.: Физматлит, 2004. – С. 12-19.
2. Развитие теории эволюционного моделирования на основе генетических методов поисковой адаптации при решении оптимальных задач проектирования, сверхбольших интегральных схем (СБИС): Отчет о НИР / РГАСХМ; рук. Чернышев Ю.О.; исп. Басова А.В., Венцов Н.Н., Полуян А.Ю. – Ростов-на-Дону, 2009. – № ГР 018.00.62.42.02.
3. *Чернышев Ю.О. Басова А.В., Полуян А.Ю.* Решение задач транспортного типа генетическими алгоритмами: Монография. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. – 73 с.
4. *Holland John H.* Adaptation in natural an artificial systems. The MIT Press edition, Massachusetts, London, England, 1992.
5. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В.* Биоинспированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Б.К. Лебедев.

Полуян Анна Юрьевна – Донской государственный технический университет; e-mail: orfiki@rambler.ru; 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; тел.: 89185935562; кафедра «Вычислительные системы и информационная безопасность»; доцент.

Марейченко Игорь Владимирович – Министерство обороны РФ; e-mail: barashek@mil.ru; 2-ой отдел 8-го управления.

Poluyan Anna Yurievna – Don State Technical University; e-mail: orfiki@rambler.ru; 1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, Russia; phone: |79185935562; the department «Computing systems and information security»; associated professor.

Mareychenko Igor Vladimirovich – Ministry of Defence of the Russian Federation; e-mail: barashek@mil.ru; 2nd department of the 8th management.