

УДК 004.4'242

## **РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

**Е. А. Мандриков, В. А. Кулев**

В рамках проведения научно-исследовательской работы выполняется разработка инструментального средства для генерации автоматов на основе генетического программирования, которое позволяет повысить уровень автоматизации проектирования автоматных программ. На английском языке это инструментальное средство имеет аббревиатуру – *GAAP (Genetic Algorithms for Automata-based Programming)*.

### **Введение**

В настоящее время предложено большое число различных реализаций схем генетических алгоритмов [1–3], а также генетических операторов и способов кодирования особей. Многие существующие генетические алгоритмы являются чисто теоретическими разработками, которые не поддерживаются программными продуктами. Другие опробованы на тестовых задачах, но их применение в решении практических задач затруднено из-за отсутствия или недостаточной гибкости соответствующих программных систем [4].

### **Недостатки существующих систем и требования к новым системам**

Перечислим недостатки, которыми обладают известные программные средства, реализующие генетические алгоритмы.

1. Жесткая привязка разработанного программного обеспечения к задаче на этапах кодирования и декодирования особей.
2. Программная реализация генетического алгоритма производится практически с нуля.
3. Закрытость разработанных программ как для доработки, так и для интеграции с другими программами.
4. Невозможность сохранения результатов поиска и промежуточных состояний популяции и, следовательно, невозможность анализа этой информации в дальнейшем.

Отметим, что в теореме NFL (No Free Lunch) [5] утверждается, что для всех алгоритмов, которые ищут экстремум функции качества, производительность их одинакова, если усреднить результаты по всем возможным функциям качества. Практическое значение этой теоремы состоит в том, что не существует панацеи на все случаи жизни, а несомненный успех какого-либо оптимизационного метода в определенной области знаний не гарантирует такого же успеха в другой области. Это означает, что для каждой специфической области необходимо проводить исследования и отыскивать тот оптимизационный метод, который подходит для нее наилучшим образом. При этом можно выделить ряд особенностей систем, использующих генетические алгоритмы.

1. Для каждой оптимизационной задачи целесообразно строить свою функцию приспособленности [1, разд. 2.3 и 2.4]. Следовательно, система должна обладать возможностью использования различных функций приспособленности.
2. В систему должны входить генетические операторы (создание случайной особи, мутация, рекомбинация, переупорядочение). Напомним, что для различных пред-

ставлений структур хромосом необходимы различные операторы, учитывающие специфику представления.

3. Необходимым условием эффективности работы систем с использованием генетических алгоритмов является ее автоматическая или автоматизированная настройка на объект исследования.

Исходя из изложенного, сформулируем ряд требований к разрабатываемому инструментальному средству для поддержки генетических алгоритмов, генерирующих конечные автоматы:

1. Наличие встроенных типов кодирования хромосом и, как следствие, библиотек генетических операторов.
2. Наличие блока подбора и адаптации параметров генетического алгоритма и генетических операторов под решаемую задачу.
3. Возможность расширения за счет использования внешних функций генетических операторов, способов кодирования и функций пригодности.
4. Возможность визуализации получаемых решений.
5. Многокомпонентность системы с возможностью включения и отключения требуемых для решаемой задачи компонентов.

### Описание разрабатываемого инструментального средства

Для реализации прототипа инструментального средства был выбран язык *Java* (<http://java.sun.com/>). Простота интеграции полученной системы с другими системами достигается за счет использования модульности и автоматизированного средства сборки *Maven* (<http://maven.apache.org/>).

Инструментальное средство состоит из следующих компонентов.

1. Модуль поддержки генетических алгоритмов, который включает в себя:
  - а. Репозиторий особей для сохранения промежуточных и конечных результатов работы. Репозиторий можно использовать в качестве общего хранилища особей при реализации метода композитного генетического программирования [6]. Использование нескольких репозиториев позволяет реализовать островную модель генетических алгоритмов [1] с различной топологией и способами обмена особями между островами, которую в дальнейшем предполагается включить в данный модуль.
  - б. Реализацию классического генетического алгоритма с блоком подбора и адаптации параметров алгоритма и генетических операторов под решаемую задачу.
  - в. Средства для различных типов визуализаций и отладки процесса выполнения генетического алгоритма.
  - г. Различные операторы и способы представления хромосом (бинарное и вещественное кодирование [7]) для задач численной оптимизации.
2. Модуль поддержки конечных автоматов, который включает в себя:
  - д. Различные способы представления конечных автоматов. В настоящее время реализованы два представления (строки фиксированной длины и дерева решений [8]) и будет внедрено еще одно (сокращенные таблицы [9]).
  - е. Поддержку XML-представления, которое позволяет хранить и преобразовывать автоматы. Предлагаемое XML-представление является основой для построения различных визуальных представлений автомата с помощью XSL-преобразования. Указанное представление может быть конвертировано в коды на различных языках программирования [10].
  - ж. Реализацию модели «конечный автомат + объект управления = автоматизированный объект» [11], позволяющую конечному автомату воздействовать на объект управления.

- з. Механизм визуализации процесса работы автоматизированного объекта с возможностью выполнения по шагам, как в прямом направлении, так и в обратном направлениях.
- и. Модуль поддержки генетического программирования для конечных автоматов, который включает в себя набор встроенных в систему генетических операторов для различных представлений конечных автоматов в виде хромосом, реализованных в указанном выше модуле. Также планируется внедрение в модуль поддержки генетических алгоритмов функциональности для распределенных вычислений функции приспособленности, так как эти вычисления очень трудоемки.

После реализации базовых компонентов системы полученный программный комплекс был апробирован на ряде тестовых задач: задача о построении «разливочной линии» [9], задача о «флибах» [1, 12, 13], задача об «умном муравье» [1, 14]. В дальнейшем планируется применение полученного программного средства для решения задач программирования мобильных роботов.

Следует также отметить, что проект *GAAP* разрабатывается в рамках движения за открытую проектную документацию (<http://is.ifmo.ru/foundation/?i0=foundation>) и является проектом с открытым кодом (сайт проекта *GAAP* – <http://godin.net.ru:8080/projects/gaap/>), что способствует его дальнейшему развитию.

### Заключение

Ранее реализованное инструментальное средство [14] было ориентированно на исследование лишь одной задачи («Умный муравей»), что затрудняло его дальнейшее расширение и использование на других задачах.

Другое инструментальное средство [9] было ориентированно на использование лишь одного представления конечных автоматов, что не давало возможности тщательно изучать решаемую задачу. Предлагаемое средство является более гибким и универсальным.

### Литература

1. Технология генетического программирования для генерации автоматов управления системами со сложным поведением. Отчет по I этапу темы. [http://is.ifmo.ru/genalg/2007\\_01\\_report-genetic.pdf](http://is.ifmo.ru/genalg/2007_01_report-genetic.pdf)
2. Технология генетического программирования для генерации автоматов управления системами со сложным поведением. Отчет по II этапу темы. [http://is.ifmo.ru/genalg/2007\\_02\\_report-genetic.pdf](http://is.ifmo.ru/genalg/2007_02_report-genetic.pdf)
3. Фогель Л., Оуэнс А., Уолш М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. М.: Мир, 1969.
4. Технология генетического программирования для генерации автоматов управления системами со сложным поведением. Отчет о патентных исследованиях. [http://is.ifmo.ru/genalg/2007\\_01\\_patent-genetic.pdf](http://is.ifmo.ru/genalg/2007_01_patent-genetic.pdf)
5. Wolpert D. H., Macready W. G. No free lunch theorems for optimization // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 1997. Vol. 1, № 1, pp. 67–82.
6. Бедный Ю. Д. Применение генетических алгоритмов для построения клеточных автоматов. СПбГУ ИТМО. Бакалаврская работа. 2006. <http://is.ifmo.ru/papers/genalgcelaut.pdf>
7. Herrera F., Lozano M., Verdegay J. L. Tackling real-coded genetic algorithms: Operators and tools for behavioural analysis // Artificial Intelligence Review. 1998. Vol. 12. № 4, pp. 265–319

8. Данилов В. Р., Шалыто А. А. Метод генетического программирования для генерации автоматов, представленных деревьями решений. // Научное программное обеспечение в образовании и исследованиях. СПбГУ ПУ. 2008, с. 175–181.  
<http://is.ifmo.ru/download/2008-03-07-danilov.pdf>
9. Поликарпова Н. И., Точилин В. Н., Шалыто А. А. Разработка библиотеки для генерации управляющих автоматов методом генетического программирования / Сборнике докладов X Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Том 2. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2007, с. 84–87.  
[http://is.ifmo.ru/download/polikarpova\(LETI\).pdf](http://is.ifmo.ru/download/polikarpova(LETI).pdf)
10. Непейвода Н.Н., Скопин И.Н. Основания программирования. Ижевск-Москва: Институт компьютерных исследований, 2003.
11. Поликарпова Н. И., Шалыто А. А. Автоматное программирование. Учебно-методическое пособие. СПбГУ ИТМО, 2007. <http://is.ifmo.ru/books/book.pdf>
12. Лобанов П. Г., Шалыто А. А. Использование генетических алгоритмов для автоматического построения конечных автоматов в задаче о «флибах» // Известия РАН. Теория и системы управления. 2007. № 5, с. 127–136.  
[http://is.ifmo.ru/works/15\\_11\\_2007\\_lobanov\\_shalyto.djvu](http://is.ifmo.ru/works/15_11_2007_lobanov_shalyto.djvu)
13. Мандриков Е. А., Кулев В. А., Шалыто А. А. Применение генетических алгоритмов для создания управляющих автоматов в задаче о «флибах» // Информационные технологии. 2008. № 1, с. 42–45. [http://is.ifmo.ru/download/2008-02-23\\_flibs.pdf](http://is.ifmo.ru/download/2008-02-23_flibs.pdf)
14. Бедный Ю. Д., Шалыто А. А. Применение генетических алгоритмов для построения автоматов в задаче «Умный муравей». СПбГУ ИТМО, 2007.  
<http://is.ifmo.ru/works/ant>