

Опубликовано в материалах 2-й межвузовской научной конференции по проблемам информатики СПИСОК-2011, с. 356-358.

**В. И. Ульянов, Ф. Н. Царев**

*Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий, механики и оптики*

## **Применение методов решения задачи о выполнимости булевой формулы для построения управляющих конечных автоматов по сценариям работы**

### **Введение**

В последнее время все в более широком кругу задач начинает применяться автоматное программирование, в рамках которого поведение программ описывается с помощью детерминированных конечных автоматов [1].

Для многих задач автоматы удается строить эвристически, однако существуют задачи, для которых такое построение автоматов затруднительно. К задачам этого класса относятся, в частности, задачи об «Умном муравье» [2–4], об управлении моделью беспилотного летательного аппарата [5].

Для построения автоматов в задачах такого типа успешно применяются генетические алгоритмы [6], в том числе на основе обучающих примеров [7]. Недостатком генетических алгоритмов является то, что время их работы весьма велико и его достаточно трудно оценить аналитически.

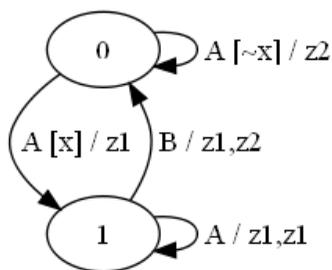
Целью настоящей работы является разработка метода построения управляющего конечного автомата, лишённого указанных недостатков.

## Постановка задачи

Управляющим конечным автоматом будем называть детерминированный конечный автомат, каждый переход которого помечен *событием*, последовательностью *выходных воздействий* и *охранным условием*, представляющей собой логическую формулу от *входных переменных*.

Автомат получает события от так называемых *поставщиков событий* (в их роли могут выступать внешняя среда, интерфейс пользователя и т.д.) и генерирует выходные воздействия для *объекта управления*. При поступлении события автомат выполняет переход в соответствии с охранными условиями и значениями входных переменных. При выполнении перехода генерируются выходные воздействия, которыми он помечен, и автомат переходит в соответствующее состояние. Отметим, что состояния такого автомата не делятся на допускающие и не допускающие.

Формальное определение управляющего автомата дано в [1]. Пример управляющего автомата приведен на рис.



**Рис. Пример управляющего автомата**

Для данного автомата множество входных событий равно  $\{A, B\}$ , охранные условия зависят от единственной логической входной переменной  $x$ , множество выходных

воздействий равно  $\{z_1, z_2\}$ . Далее, состояние автомата с номером 0 будем считать начальным.

В настоящей работе в качестве исходных данных для построения управляющего конечного автомата используется множество *сценариев работы*. Сценарием работы будем называть последовательность  $T_1 \dots T_n$  троек  $T_i = \langle e_i, f_i, A_i \rangle$ , где  $e_i$  – входное событие,  $f_i$  – булева формула от входных переменных, задающая охранный условие,  $A_i$  – последовательность выходных воздействий. В дальнейшем тройки  $T_i$  будем называть *элементами сценария*.

Будем говорить, что автомат, находясь в состоянии *state*, *удовлетворяет элементу сценария*  $T_i$ , если из *state* исходит переход, помеченный событием  $e_i$ , последовательностью выходных воздействий  $A_i$  и охранным условием, тождественно равным  $f_i$  как булева формула. Автомат *удовлетворяет сценарию работы*  $T_1 \dots T_n$ , если он удовлетворяет каждому элементу данного сценария, находясь при этом в состояниях пути, образованного соответствующими переходами.

В настоящей работе решается задача построения управляющего конечного автомата с заданным числом состояний  $S$  по заданному множеству сценариев работы  $S_c$ , которым автомат должен удовлетворять.

## **Описание предлагаемого метода**

Построение управляющего автомата осуществляется в пять этапов:

1. Построение дерева сценариев.
2. Построение графа совместимости вершин дерева сценариев.
3. Построение булевой КНФ-формулы, задающей требования к раскраске построенного графа и

выражающей непротиворечивость системы переходов результирующего автомата.

4. Запуск сторонней программы, решающей задачу о выполнимости булевой КНФ-формулы.
5. Построение автомата по найденному выполняющему набору значений переменных.

### **Экспериментальное исследование**

Экспериментальное исследование проводилось на задаче построения автомата управления часами с будильником [1]. Было задано 38 сценариев, аналогичных тестам, приведенным в работе [7]. На основе этих сценариев был построен автомат, изоморфный автомату, построенному вручную в работе [1]. Его построение заняло менее секунды на персональном компьютере с процессором Intel Core 2 Quad Q9400, что позволяет говорить о достаточно высокой производительности разработанного метода.

### **Заключение**

В настоящей работе предложен метод построения управляющих конечных автоматов по сценариям работы. Этот метод основан на сведении указанной задачи к задаче о выполнимости булевой формулы. Работоспособность метода проверена на задаче построения автомата управления часами с будильником. На этой задаче соответствующий управляющий автомат был построен корректно, а время работы алгоритма составляло меньше секунды на персональном компьютере с процессором Intel Core 2 Quad Q9400.

## Литература

1. Поликарпова Н. И., Шалыто А. А., Автоматное программирование. СПб: Питер, 2009.
2. Angeline P. J., Pollack J. Evolutionary Module Acquisition // Proceedings of the Second Annual Conference on Evolutionary Programming. 1993.
3. Jefferson D., Collins R., Cooper C., Dyer M., Flowers M., Korf R., Taylor C., Wang A. The Genesys System. 1992.  
[www.cs.ucla.edu/~dyer/Papers/AlifeTracker/Alife91Jefferson.html](http://www.cs.ucla.edu/~dyer/Papers/AlifeTracker/Alife91Jefferson.html)
4. Chambers L. Practical Handbook of Genetic Algorithms. Complex Coding Systems. Volume III. CRC Press, 1999.
5. Царев Ф. Н., Шалыто А. А. Гибридное управление беспилотными летательными объектами на основе автоматного программирования / 1-я Российская мультikonференция по проблемам управления. Сборник докладов четвертой научной конференции «Управление и информационные технологии». СПб ГЭТУ «ЛЭТИ». 2006, с. 138-144.
6. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. М.: Физматлит, 2006.
7. Царев Ф. Н. Метод построения управляющих конечных автоматов на основе тестовых примеров с помощью генетического программирования // Информационно-управляющие системы. 2010. № 5, с. 31–36.