

## Литература

1. Корешев С.Н., Ратушный В.П. Использование метода голографии для получения изображений двумерных объектов при решении задач фотолитографии высокого разрешения // Оптический журнал, 2004. – Т. 71. – № 10. – С. 32–39.
2. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Козулин И.А. Выбор параметров синтеза голограмм-проекторов для фотолитографии // Оптический журнал, 2008. – Т. 75. – № 9. – С. 29–34.
3. Корешев С.Н., Громов А.Д., Никаноров О.В., Смородинов Д.С., Антонов П.Н. Алгоритм и программа синтеза голограмм-проекторов, основанных на разбиении объекта на типовые элементы его структуры. Доклад на XL Научной и учебно-методической конференции НИУ ИТМО, 2011.



### Ульянцев Владимир Игоревич

Год рождения: 1990

Факультет информационных технологий и программирования,  
кафедра компьютерных технологий, группа 4538

Направление подготовки:

010500 Прикладная математика и информатика

e-mail: ulyantsev@rain.ifmo.ru

УДК 004.021

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ВЫПОЛНИМОСТИ БУЛЕВОЙ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ ПО СЦЕНАРИЯМ РАБОТЫ

В.И. Ульянцев

Научный руководитель – ассистент Ф.Н. Царев

Работа была выполнена в рамках Федеральной целевой программы «научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

**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 удастся 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 работы** является разработка метода построения управляющего конечного автомата, лишенного указанных недостатков.

**Постановка задачи.** Управляющим конечным автоматом будем называть детерминированный конечный автомат, каждый переход которого помечен *событием*, последовательностью *выходных воздействий* и *охраным условием*, представляющим 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 рисунке.

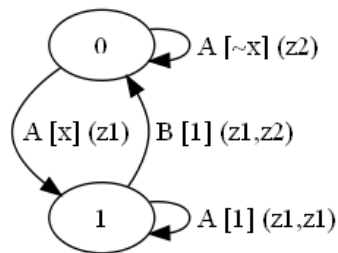


Рисунок. Пример управляющего автомата

Для данного автомата множество входных событий равно  $\{A, B\}$ , охранные условия зависят от единственной логической входной переменной  $x$ , множество выходных воздействий равно  $\{z1, z2\}$ . Далее, состояние автомата с номером 0 будем считать начальным.

В работе в качестве исходных данных для построения управляющего конечного автомата было использовано 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 работе [8] разработан метод построения автомата-распознавателя по заданному набору слов. Данный метод основан на сведении поставленной задачи к задаче о выполнимости булевой формулы (boolean satisfiability problem, SAT) – по набору слов строится логическая формула. Выполняющая подстановка для нее ищется с помощью сторонней программы. Затем, на основании полученных значений переменных логической формулы строится искомый автомат-распознаватель. Результаты вычислительных экспериментов показывают более высокую скорость работы этого метода по сравнению с методами, основанными на объединении состояний [9, 10].

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.

**Теоретическая оценка сложности поставленной задачи.** Приводится теоретическая оценка сложности задачи построения автомата по сценариям работы программы. А именно – доказывается *NP*-полнота поставленной задачи.

Рассматриваемой задаче соответствует язык  $L$  – множество пар  $\langle Sc, C \rangle$  (где  $Sc$  – набор сценариев работы программы;  $C$  – натуральное число, записанное в унарной системе счисления), для которых существует автомат  $A$ , удовлетворяющий сценариям из  $Sc$  и число состояний которого равно  $C$ .

Для доказательства  $NP$ -полноты доказана принадлежность задачи классу  $NP$  и классу  $NP$ -трудных задач.

**Этапы 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 (ПК) с процессором Intel Core 2 Quad Q9400, что позволяет говорить о достаточно высокой производительности разработанного метода.

Также было проведено детальное экспериментальное исследование на задачах, сгенерированных случайным образом. Предложенный метод позволяет строить на ПК управляющие автоматы, число состояний которых составляет несколько десятков, по сценариям работы с суммарной длиной несколько тысяч единиц. Это также позволяет говорить о высокой производительности предложенного метода.

**Заключение.** В настоящей работе был предложен метод построения управляющих конечных автоматов по сценариям работы. Этот метод основан на сведении указанной задачи к задаче о выполнимости булевой формулы.

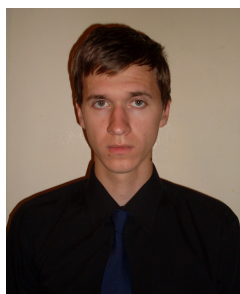
Работоспособность метода проверена на задачах как сгенерированных вручную, так и сгенерированных случайным образом. Результаты экспериментов позволяют говорить о высокой производительности предложенного метода по сравнению с существующими методами решения рассматриваемой задачи.

Была проведена теоретическая оценка сложности задачи – доказана ее принадлежность классу  $NP$ -полных задач.

### 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. <http://www.demon.cs.brandeis.edu/papers/ep93.pdf>
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: СПб ГЭТИ «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.
8. Heule M., Verwer S. Exact DFA Identification Using SAT Solvers // Grammatical Inference: Theoretical Results and Applications 10th International Colloquium, ICGI 2010. – P. 66–79. – Lecture Notes in Computer Science 6339, Springer.
9. Oncina J., Garcia P. Inferring regular languages in polynomial update time / Pattern Recognition and Image Analysis. Series in Machine Perception and Artificial Intelligence, 1992. – V. 1. – P. 49–61. World Scientific, Singapore.
10. Oliveira A.L., Marques-Silva J.P. Efficient search techniques for the inference of minimum sized finite state machines // Proceedings of 5<sup>th</sup> Symposium on String Processing and Information Retrieval, 1998. – P. 81–89.
11. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. М.: Вильямс, 2010.
12. Presentation of SAT-Race results at the SAT'10 conference <http://baldur.iti.uka.de/sat-race-2010/downloads/SAT-Race-2010-Presentation.pdf>
13. Soos M. CryptoMiniSat 2.5.0 <http://baldur.iti.uka.de/sat-race-2010/downloads/SAT-Race-2010-Presentation.pdf>

**Шиганов Алексей Васильевич**

Год рождения: 1990

Естественнонаучный факультет, кафедра технологий  
профессионального обучения, группа 4709Направление подготовки:

230100 Информатика и вычислительная техника

e-mail: re\_z@mail.ru

**УДК 007.51****ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ ИШЕМИИ****А.В. Шиганов****Научный руководитель – ассистент О.И. Парфенова**

Моделирование ишемии важная научная процедура, необходимая для тестирования препаратов направленных на восстановление головного мозга и исследований отклонений работы мозга. Современное развитие информационных технологий позволяет значительно упростить и улучшить этот процесс. **Целью работы** было создание программно-аппаратного комплекса, максимально автоматизирующего этот процесс. На подобную разработку существовал заказ от лаборатории физиологии пищеварения Института физиологии им. И.П. Павлова Российской Академии Наук (РАН), где более 10 лет проводятся исследования препаратов, направленных на восстановление головного мозга после ишемии.