

Опубликовано в материалах 2-й межвузовской научной конференции по проблемам информатики СПИСОК-2011, с. 333-335.

**С. В. Казаков, Ф. Н. Царев,
А. А. Шалыто**

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

Метод построения конечных автоматов верхнего уровня для управления моделью бесплотного самолета на основе обучающих примеров

В последнее время для программирования систем со сложным поведением все шире применяется автоматное программирование, в рамках которого поведение программ описывается с помощью конечных детерминированных автоматов (в дальнейшем – автоматов) [1].

В автоматном программировании программы предлагается строить в виде набора автоматизированных объектов управления. Каждый такой объект состоит из объекта управления и системы управления (системы управляющих автоматов). Система автоматов получает на вход события из внешней среды и от объекта управления. На основании этих данных система управления вырабатывает выходные воздействия для объекта управления.

Для многих задач управляющие автоматы удается строить эвристически, но существуют задачи, для которых такое построение невозможно или затруднительно. К этому классу относятся, например, задача «Умный муравей» [2 – 4], задача «Умный муравей-3» [5] и задача

об управлении моделью беспилотного летательного аппарата [6].

Существует несколько подходов к решению последней задачи. Один из них состоит в выделении «идеальной» траектории из нескольких полетов, выполненных человеком, и последующем следовании ей. Такой подход описан в работе [7].

Другой подход – использование автоматов для управления беспилотным летательным аппаратом и построение таких автоматов с помощью генетических алгоритмов, описанных в работах [8 – 12].

В работе [13] для генерации конечного автомата верхнего уровня, управляющего моделью беспилотного самолета, применяется алгоритм генетического программирования, основанный на использовании метода сокращенных таблиц для представления конечных автоматов. При этом вычисление функции приспособленности базируется на моделировании поведения самолета во внешней среде, которое занимает около 5 минут для одного автомата на одном ядре современного процессора.

С целью избавления от указанного недостатка в работе [14] было предложено использование обучающих примеров, которые записывает человек и которые можно использовать для замены моделирования. Результатами той работы были конечные автоматы, которые могли управлять самолетом только в конкретном режиме.

Для обеспечения всего непрерывного процесса полета самолета предполагалось построение автомата верхнего уровня, каждое состояние которого соответствует одному из режимов полета.

В настоящей работе исследуется этот вопрос. Для построения автомата верхнего уровня используются

обучающие примеры, которые содержат весь процесс полета самолета.

Благодаря использованию обучающих примеров как в процессе построения автомата верхнего уровня, так и в процессе построения автоматов нижнего уровня, появляется возможность объединить эти два процесса в один. Таким образом, достаточно задать набор обучающих примеров для всего полета.

Для моделирования беспилотного самолета применяется свободный авиасимулятор *FlightGear* (<http://www.flightgear.org>), который позволяет осуществлять программное управление самолетом, а также сохранение параметров полета (скорость, направление полета и т.д.) и состояния самолета (положение руля, элеронов, состояние стартера и т.п.).

Для экспериментального доказательства работоспособности разработанного метода была выбрана задача полета самолета, начиная с разгона и кончая приземлением, с возможностью выполнения трюка «мертвая петля» в полете. Возможность выполнения трюка означает, что трюк может быть выполнен при определенных (заранее заданных человеком) условиях. Например, если пришло подтверждение с Земли о разрешении выполнения трюка. Или, например, если погодные условия благоприятные.

В настоящее время обучающие примеры для поставленной задачи уже записаны и идет этап реализации и применения разработанного алгоритма, но автомат верхнего уровня ещё не получен.

Литература

1. Полицарова Н. И., Шальто А. А. Автоматное программирование. СПб: Питер, 2010. http://is.ifmo.ru/books/_book.pdf

2. *Angeline P., Pollack J.* Evolutionary Module Acquisition / Proceedings of the Second Annual Conference on Evolutionary Programming. Cambridge: MIT Press. 1993. P.154-163.
<http://www.demo.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: Evolution as a Theme in Artificial Life /Proceedings of Second Conference on Artificial Life. MA: Addison-Wesley. 1992. P. 549–578.
www.cs.ucla.edu/~dyer/Papers/AlifeTracker/Alife91Jefferson.html
4. *Царев Ф. Н., Шалыто А. А.* Применение генетического программирования для генерации автомата в задаче об «Умном муравье» / Сборник трудов IV-ой Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». Том 2. М.: Физматлит. 2007. С. 590-597.
http://is.ifmo.ru/genalg/_ant_ga.pdf
5. *Бедный Ю. Д., Шалыто А. А.* Применение генетических алгоритмов для построения автоматов в задаче «Умный муравей». <http://is.ifmo.ru/works/ant>
6. *Паращенко Д. А., Царев Ф. Н., Шалыто А. А.* Технология моделирования одного класса мультиагентных систем на основе автоматного программирования на примере игры «Соревнование летающих тарелок». Проектная документация. СПбГУ ИТМО. 2006. <http://is.ifmo.ru/unimod-projects/plates/>
7. *Coates A., Abbeel P., Ng A. Y.* Learning for Control from Multiple Demonstrations / Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning. Helsinki: 2008. P.144 – 151.

8. *Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М.* Генетические алгоритмы. М.: Физматлит, 2006.
9. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход. М.: Вильямс, 2006.
10. *Koza J. R.* Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection. MIT Press, 1992.
11. *Курейчик В. М.* Генетические алгоритмы. Состояние. Проблемы. Перспективы // Известия РАН. Теория и системы управления. 1999. № 1. С. 144 – 160.
12. *Курейчик В. М., Родзин С. И.* Эволюционные алгоритмы: генетическое программирование // Известия РАН. Теория и системы управления. 2002. № 1. С. 127–137.
13. *Поликарпова Н. И., Точилин В. Н., Шалыто А. А.* Метод сокращенных таблиц для генерации автоматов с большим числом входных переменных на основе генетического программирования // Известия РАН. Теория и системы управления. 2010. № 2. С. 100 – 117.
14. *Александров А. В., Казаков С. В., Сергушичев А. А., Царев Ф. Н., Шалыто А. А.* Применение генетического программирования на основе обучающих примеров для генерации конечных автоматов, управляющих объектами со сложным поведением // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2011. № 2. С. 3–11.