

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЛАНСИРУЮЩИМ РОБОТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Якорев В.О.

*студент кафедры компьютерных технологий НИУ ИТМО,
vadimyakorev@gmail.com*

Шалыто А.А.

*д. т. н., профессор, заведующий кафедрой технологии программирования
НИУ ИТМО, anatoly.shalyto@gmail.com*

Аннотация: В данной работе рассматривается задача синтеза систем управления двухколесным балансирующим роботом с помощью методов искусственного интеллекта. Построены системы управления, основанные на конечных автоматах, построенных с помощью метода отжига, системы управления, основанные на ПИД-регуляторах, построенных с помощью генетических алгоритмов и метода отжига. Проведено сравнение полученных систем управления. Результаты экспериментов подтверждают, что методы параметрического и структурного синтеза систем управления достаточно перспективны в плане их применения для построения систем управления мобильными роботами.

Введение

В данной работе рассматривается проблема балансировки двухколесного балансирующего робота [1]. Как правило, для такого типа роботов в роли системы управления используется ПИД-регулятор [1, 2, 3]. При этом тема использования эволюционных алгоритмов для параметрического синтеза систем управления [4] подобных роботов остается малоизученной. Также малоизучена тема использования конечных автоматов [5] для управления подобным классом мобильных роботов.

Цель работы

Целями данной работы являются:

- построение систем управления мобильным роботом на основе автоматического синтеза конечных автоматов с помощью метода отжига [6];
- построение систем управления мобильным роботом на основе автоматического параметрического синтеза системы управления (ПИД-регулятор) с использованием генетических алгоритмов и метода отжига;

- анализ применимости и эффективности использования данных методов для построения систем управления мобильным роботом данного типа.

Описание предлагаемого подхода

Для построения систем управления, основанных на ПИД-регуляторах, используются генетический алгоритм и метода отжига для параметризации ПИД-регулятора. При этом каждое решение представляет из себя набор параметров ПИД-регулятора.

Для построения систем управления, основанных на конечных автоматах, используется метод отжига для структурного синтеза автомата. При этом каждое решение представляет из себя конечный автомат, представленный с помощью деревьев решений [7].

Функция приспособленности каждого решения зависит от результата моделирования процесса стабилизации модели балансирующего робота. Критерием оптимальности в данной работе выбран суммарный угол отклонения за время моделирования процесса стабилизации, который необходимо минимизировать.

Описание эксперимента

Для экспериментов была создана математическая модель двухколесного балансирующего робота, которая выступала в роли объекта управления.

Для сравнения рассмотренных методов в работе было сгенерировано десять наборов параметров (описание наборов параметров представлено в работе [8]), соответствующих десяти различным экземплярам роботов.

Далее для каждого робота были проведены следующие этапы эксперимента:

- параметрический синтез (на основе генетического алгоритма и метода отжига) и структурный синтез на основе конечных автоматов;
- для каждого метода синтеза выполнена генерация 1000 решений (экземпляров систем управления) для каждого экземпляра робота;
- тестирование каждого полученного решения на наборе тестов (тестирование проводилось на наборе из 100 тестов, каждый из которых представлял собой многократные отклонения в определенные моменты времени на определенные величины угла);
- нахождение математического ожидания и дисперсии функции приспособленности для каждого метода для каждого экземпляра робота.

Результаты

Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице 1.

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
<i>Параметрический синтез + генетический алгоритм</i>										
<i>M(F)</i>	128,9	54,52	65,66	95,56	30,63	92,47	92,21	139,62	88,43	95,65
<i>D(F)</i>	0,31	0,0033	0,12	0,012	0,41	0,013	0,014	0,0074	0,0011	0,011
<i>Параметрический синтез + метод отжига</i>										
<i>M(F)</i>	126,8	53,42	67,98	95,31	31,48	91,32	91,85	138,13	89,98	93,75
<i>D(F)</i>	0,22	0,038	0,022	0,014	0,021	0,15	0,019	0,047	0,028	0,045
<i>Структурный синтез</i>										
<i>M(F)</i>	136,4	59,72	71,73	106,36	38,73	98,24	97,32	136,81	93,77	99,29
<i>D(F)</i>	3,31	2,87	1,55	2,89	2,32	1,043	1,84	1,73	2,78	1,33

Таблица 1. Результаты эксперимента

Заключение

В результате работы для каждого экземпляра мобильного робота были получены системы управления с помощью как параметрического, так и структурного синтеза, которые успешно справились с задачей стабилизации на всех предложенных тестах в рамках эксперимента. При этом в среднем с помощью параметрического синтеза получалось создавать более эффективные системы управления, для девяти из десяти изученных экземпляров роботов эффективность систем управления, основанных на ПИД-регуляторе и параметрическом синтезе, оказалась выше, чем у систем управления, основанных на автоматах. Несмотря на это, структурный синтез с использованием автоматов представляет собой перспективное направление построения систем управления мобильными роботами. Улучшения результатов можно достичь, используя более точный выбор дискретизации входных воздействий.

Полученные результаты позволяют утверждать, что методы параметрического и структурного синтеза систем управления достаточно перспективны в плане их применения для построения систем управления мобильными роботами.

Литература

1. *Chi R.* Balancing a Two-Wheeled Autonomous Robot. The University of Western Australia School of Mechanical Engineering, 2003.
2. MathWorks Simulink Team, Simulink Support Package for LEGO MINDSTORMS NXT hardware (R2012a). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/35206-simulink-support-package-for-lego-mindstorms-nxt-hardware-r2012a>, свободный. Яз. англ. (дата обращения 3.10.2011).
3. Энциклопедия АСУ ТП. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.bookasutp.ru/Chapter5_1.aspx, свободный. Яз. русс. (дата обращения 3.10.2012).

4. *Бесекерский В.А., Попов Е.П.* Теория систем автоматического регулирования. Издание третье, исправленное. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975.
 5. *Шалыто А.А.* Технология автоматного программирования / Труды Всероссийской научной конференции «Методы и средства обработки информации». М.: МГУ, 2003.
 6. *Лопатин А.С.* Метод отжига в задачах оптимизации. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.math.spbu.ru/user/gran/students/cothesis.pdf>, свободный. Яз. русс. (дата обращения 03.10.2012).
 7. *Данилов В.Р., Шалыто А.А.* Метод генетического программирования для генерации автоматов, представленных деревьями решений. <http://is.ifmo.ru/download/2008-03-07-danilov.pdf>, свободный. Яз. русс. (дата обращения 07.03.2012).
 8. *Якорев В.О.* Оценка эффективности применения методов искусственного интеллекта для синтеза системы управления мобильным роботом. Бакалаврская работа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://is.ifmo.ru/papers/2011-bachelor-yakorev/>, свободный. Яз. русс. (дата обращения 07.03.2012).
-