

Во второй главе изложен разработанный автором способ построения адаптивной системы управления, описано главное отличие реализованной системы управления, сформулированы основные положения предложенного способа построения адаптивной системы управления модульными роботами. Рассмотрена разработанная математическая модель, упрощенно описывающая работу метода Автономного Адаптивного Управления, приведены примеры конфигураций модульных роботов, в которых могут быть применены предложенные алгоритмы. Описаны преимущества выбранного подхода, такие как одновременные процессы управления и обучения, возможность переобучения, отсутствие необходимости предварительного обучения.

В третьей главе описываются разработанные программные средства, позволяющие моделировать модульных роботов и управлять ими. Предложен способ описания кинематической структуры модульных роботов и алгоритм автоматического построения программных моделей. Описана реализация метода Автономного Адаптивного Управления. Также описано взаимодействие программных средств моделирования и разработанного макетного образца модульного робота. Благодаря моделированию физических свойств робота, разработанные программные модели соответствуют реальному образцу, что позволяет проводить экспериментальные исследования на программных моделях, сохраняя достоверность получаемых результатов.

В четвертой главе демонстрируются результаты проведенных экспериментальных исследований, подтверждающие работоспособность и эффективность применения разработанных алгоритмов. Описаны преимущества предложенного способа адаптивного управления по сравнению с существующими методами и алгоритмами.

В заключении приводятся основные результаты работы и представлены возможные направления дальнейших исследований.

Новизна и значимость результатов. Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что автором был разработан способ построения адаптивной системы управления модульными роботами и программных средств моделирования, предложен способ описания конфигураций модульных роботов и алгоритм автоматического построения программных моделей по файлу описания, получены оригинальные результаты проведенных экспериментальных исследований, подтверждающих работоспособность разработанного алгоритмического и программного обеспечения адаптивной системы управления модульными роботами в конфигурациях «манипулятор» и «шагающая платформа».

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что они могут быть использованы для развития теории управления многозвенными объектами, разработанные адаптивные алгоритмы могут быть применены при разработке опытных и серийных образцов многозвенных роботов различного типа и назначения. Также реализованное программное обеспечение для моделирования модульных роботов может быть применено в учебных и научно-исследовательских целях.

К сильным сторонам работы можно отнести:

1. Гибкость и настраиваемость разработанного программного комплекса.
2. Кроссплатформенность и возможность поддержки клиентов на различных языках программирования.

3. Разработка интерфейсов подключения как реальных, так и виртуальных моделей робота для обучения/тестирования систем управления.
4. По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, включая рецензируемые журналы, входящие в базу Scopus и список ВАК, а также зарегистрирована программа для ЭВМ.

Замечания

К содержанию и оформлению диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. Автору следовало бы более подробно объяснить, к какому классу объектов применимы разработанные алгоритмы адаптивного управления.
2. Также необходимо более четко описать границы применимости предложенного подхода, в чем состоит его отличие от базового метода ААУ, описать его ограничения, которые необходимо учитывать при разработке новых моделей роботов и систем управления для них.
3. В главе 2 упоминается возможность распределения контура обучения и управления между модулями робота, но не приводятся описания механизмов синхронизации состояния этих контуров, что может оказаться важной информацией для понимания применимости предложенного решения.
4. Кроме того, в главе 3 следовало бы более подробно описать реализацию программного обеспечения – какие структурные компоненты были имплементированы, как они были связаны друг с другом.
5. В разделе 4.2 проводится сравнение реализации с аналогами, однако список подходов для сравнения не включает современные подходы, основанные на обучении с подкреплением и моделях мира (world models). Кроме того, сравнение носит лишь качественный характер, что значительно снижает его ценность.
6. Автор неоднократно упоминает о поддержке работы в режиме реального времени, однако в тексте работы не приводится анализа тестирования ПО в этом режиме.
7. В диссертации имеются опечатки и неточности оформления.

Замечания не являются критическими, хотя и требуют серьезного внимания со стороны автора.

Вывод. Диссертационное исследование Шестакова Евгения Игоревича является законченной научно-квалификационной работой. Выполненная диссертация отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук, а ее автор, Е. И. Шестаков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук, доцент

Заведующий научно-учебной лабораторией методов анализа больших данных Национального исследовательского университета

«Высшая Школа Экономики»

А.Е. Устюжанин
30 апреля 2021 г.