

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО

"МИРЭА - Российский

технологический университет"

Ч.И. Прокопов

11 мая 2021 г.

## О Т З Ы В

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет" на диссертацию Павлюка Никиты Андреевича «Модели, алгоритмы, программные средства информационного и физического взаимодействия устройств модульной робототехнической системы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

### 1. Актуальность темы

Модульные роботы универсальны и могут адаптироваться под любые задачи, а потому являются одним из самых перспективных направлений робототехники. Каждый вновь добавленный элемент может изменять форму и возможности конечной робототехнической системы, например, добавлять функционал или подстраиваться под изменения окружающей среды. При этом элементы модульной робототехнической системы могут быть представлены гомогенными робототехническими устройствами. Подобные возможности модульных робототехнических систем позволяют преодолевать сложности и ограничения, с которыми можно столкнуться при использовании робототехнических систем с фиксированной структурой. В результате проведенного анализа состояния дел в предметной области автором данного диссертационного исследования было выявлено отсутствие модельно-алгоритмических и программно-аппаратных средств синхронизированного управления физическим сцеплением модульных роботов, а также их информационного взаимодействия. Диссертационная работа Павлюка Н.А. посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию ряда актуальных задач, связанных с обозначенными выше проблемами. В частности, в ней разрабатываются структурно-функциональные, алгоритмические модели и программные средства автономного соединения и взаимодействия модульных гомогенных роботов.

Актуальность исследования обусловлена высоким спросом на универсализацию и удешевление автономных робототехнических систем.

## **2. Научная новизна и достоверность полученных результатов**

Основными результатами, обладающими научной новизной и характеризующими личный вклад автора, являются:

– концептуальная и теоретико-множественная модели реконфигурируемой модульной робототехнической системы, отличающиеся функциональной возможностью автоматического формирования последовательных и параллельно-последовательных конфигураций и обеспечивающие описание взаимодействия модульных робототехнических устройств в трехмерном пространстве;

– алгоритмы управления физическим соединением и информационным взаимодействием гомогенных модульных робототехнических устройств при построении связанных пространственных структур, отличающиеся оценением необходимых и доступных ресурсов, синхронизированным управлением отдельными структурными единицами на этапе их передвижения к месту сборки, соединению устройств между собой, а также возможностью реконфигурации в процессе автономного функционирования всей структуры модульной робототехнической системы при решении предметно-ориентированных задач;

– формат программного описания конфигураций модульных робототехнических систем, представляющий информацию о целевом положении первого устройства и порядке последующего соединения устройств с указанием параметров соединения, позволяющий представить базовые конфигурации модульных робототехнических систем;

– комплекс программных средств управления соединением и информационным взаимодействием гомогенных модульных робототехнических устройств, отличающийся применением системы компьютерного зрения, использующей маркеры дополненной реальности для осуществления контроля над отдельными устройствами в процессе их движения и пространственной ориентации, позволяющей управлять масштабируемыми модульными робототехническими системами, используя внешние беспроводные средства передачи данных.

Степень достоверности научных результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждается результатами разностороннего критического анализа состояния исследований в области затрагиваемых проблем, корректным использованием научно-методического аппарата, положительными результатами экспериментальной проверки разработанных алгоритмов, апробацией в печатных работах и докладах на конференциях высокого уровня, положительным опытом внедрения полученных результатов.

### **3. Степень обоснованности научных положений и полученных результатов**

Достаточная степень обоснованности полученных результатов подтверждается:

- корректным использованием концепций и подходов из области теории информации, теории множеств, теории передачи данных, теории распределенных систем, цифровой обработки сигналов, теории объектно-ориентированного проектирования и программирования;
- логически выверенной и последовательной формой проведения доказательств сформулированных теоретических утверждений;
- экспериментальной проверкой предложенных алгоритмов при помощи разработанного автором программного обеспечения;
- апробацией на научных конференциях и изданием публикаций автора по теме диссертации (28 работ).

### **4. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Теоретическая значимость диссертационной работы определяется:

- разработанными концептуальной и теоретико-множественной моделями реконфигурируемой модульной робототехнической системы;
- разработанными алгоритмами управления физическим соединением и информационным взаимодействием гомогенных модульных робототехнических устройств при построении связанных пространственных структур;
- разработанным форматом программного описания конфигураций модульных робототехнических систем.

Практическая значимость работы для развития модульной робототехники определяется:

- комплексом программных средств управления соединением и информационным взаимодействием гомогенных модульных робототехнических устройств;
- применением в программно-аппаратной реализации мобильной автономной реконфигурируемой системы (МАРС;)
- использованием коммерческими и государственными организациями в научно-образовательном процессе;
- полученным по результатам выполнения 1 свидетельству о регистрации программ для ЭВМ и 2 патентам на изобретение.

### **5. Апробация и внедрение полученных результатов**

Результаты диссертационной работы были апробированы на 6 российских и международных научно-практических конференциях. По теме диссертации опубликовано 28 печатных работ, из них 3 публикации в печатных изданиях, входящих в перечень ВАК («Мехатроника,

автоматизация, управление», «Известия ЮФУ. Технические науки», «Известия Тульского государственного университета. Технические науки») и 12 в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, 2 патента на изобретения, 1 свидетельство на регистрацию ПрЭВМ. Полученные в ходе исследования практические результаты были использованы в учебном процессе ГУАП, а также при проведении научно-исследовательских работ СПб ФИЦ РАН, КБНЦ РАН, ОАО «Радиоавионика».

#### **6. Рекомендации по использованию результатов и выводов**

Перечисленные выше достоинства работы подчеркивают важность практических приложений в данной области, и позволяют рекомендовать их дальнейшее исследование и внедрение в следующих организациях: Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана (г. Москва), Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Санкт-Петербургском государственном университете (г. Санкт-Петербург), Санкт-Петербургском Государственном политехническом университете им. Петра Великого (г. Санкт-Петербург), Федеральном государственном бюджетном научном учреждении "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ", ОАО «Радиоавионика» и других профильных организациях.

#### **7. Замечания по диссертации**

К диссертационной работе имеется ряд замечаний:

- 1) автором не рассмотрены частные случаи выхода из строя отдельных модулей робототехнических устройств и варианты дальнейшего функционирования системы в подобных случаях;
- 2) автором выбрана операционная система ROS, но при этом не представлено ее сравнение с другими ОС и обоснование выбора;
- 3) выводы после каждой главы недостаточно полно отражают результаты проведенной работы;
- 4) не все рисунки достаточно подробно описаны в тексте диссертации, например рисунок 1.5;
- 5) в работе присутствуют недочеты редактирования и оформления, имеют место отдельные опечатки, неудачные фразеологические обороты и неоднозначности.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают общей ценности диссертационного исследования, а также значимости полученных в ходе его выполнения научных результатов.

#### **Заключение**

Диссертация Павлюка Никиты Андреевича является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи повышения степени автоматизации процесса реконфигурации модульных робототехнических систем, имеющей важное значение для развития модульной робототехники.

Основное содержание работы, а также выводы и результаты диссертационного исследования, достаточно полно отражены в автореферате.

Автореферат полностью соответствует диссертации и содержит основные ее элементы. Диссертация Павлюка Н.А. отвечает требованиям пунктов 9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11: «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей». Положения, выносимые на защиту, соотносятся с пунктами паспорта специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»: п. 3. «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем», п. 8. «Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования».

Доклад Павлюка Н.А. заслушан на семинаре лаборатории «Интеллектуальные системы управления роботами» кафедры «Проблемы управления» института кибернетики РТУ МИРЭА. Настоящий отзыв на диссертационную работу Павлюка Н.А. рассмотрен и утвержден на семинаре лаборатории «Интеллектуальные системы управления роботами», протокол № 1 от «28» апреля 2021 года.

Зав. лабораторией «Интеллектуальные системы управления роботами» кафедры «Проблемы управления» РТУ МИРЭА,  
д.т.н., проф.

С.В. Манько

Д.т.н., проф. кафедры «Проблемы управления» РТУ МИРЭА

В.М. Лохин

Д.т.н., проф. кафедры «Проблемы управления» РТУ МИРЭА

Н.Н. Карабутов

Подписи подтверждаю:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет"

Адрес: 119454, Москва, Пр-т Вернадского, д. 78

Телефон: +7 (499) 215-65-65

E-mail: rector@mirea.ru

**Сведения о составителях отзыва:**

ФИО: Манько Сергей Викторович

уч. степень, уч. звание: доктор технических наук, профессор

должность: заведующий лабораторией «Интеллектуальные системы управления роботами»  
кафедры «Проблемы управления» РТУ МИРЭА

ФИО: Лохин Валерий Михайлович

уч. степень, уч. звание: доктор технических наук, профессор

должность: профессор кафедры «Проблемы управления» РТУ МИРЭА

ФИО: Карабутов Николай Николаевич

уч. степень, уч. звание: доктор технических наук, профессор

должность: профессор кафедры «Проблемы управления» РТУ МИРЭА