

А. Е. Городецкий, И. Л. Тарасова,
В. Г. Курбанов, А. Ю. Кучмин

**УМНЫЕ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ SEMS**

НАУКА

А. Е. Городецкий, И. Л. Тарасова,
В. Г. Курбанов, А. Ю. Кучмин

УМНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ SEMS

«Наука»
Санкт-Петербург
2022

УДК 681.5
ББК 32.81
Г70

Умные электромеханические системы SEMS / Под ред. А. Е. Городецко-го, И. Л. Тарасовой. — СПб.: Наука, 2022. — 420 с.

ISBN 978-5-02-040497-7

Книга посвящена вопросам анализа и синтеза умных электромеханических систем, являющихся новым направлением в развитии и внедрении киберфизических систем.

Предназначена для магистров, аспирантов и инженеров, специализирующихся в области исследования и создания интеллектуальных систем управления и робототехники, а также может быть использована в качестве учебного пособия для студентов старших курсов технических университетов, обучающихся по направлениям «Системный анализ и управление», «Интеллектуальные системы управления» и «Робототехника».

Авторы:

А. Е. Городецкий, И. Л. Тарасова, В. Г. Курбанов, А. Ю. Кучмин

Рецензенты:

чл.-кор. РАН *А. К. Беляев* (ИПМаш РАН)
д-р техн. наук, проф. *В. Ф. Шишлаков* (ГУАП)

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 21-18-00008, не подлежит продаже*



© Городецкий А. Е., Тарасова И. Л., Курбанов В. Г., Кучмин А. Ю., 2022
© ИПМаш РАН, 2022
© Редакционно-издательское оформление. Издательство «Наука», 2022

ISBN 978-5-02-040497-7

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Механизмы и системы управления	6
1.1. Модули SEMS	6
1.2. Архитектуры умных электромеханических систем	15
1.3. Кинематические модели SEMS	19
1.4. Динамическая модель платформы модуля SEMS	35
1.5. Идентификация динамики модуля SEMS	73
1.6. Методы синтеза оптимальных алгоритмов управления SEMS	81
1.7. Системы автоматического управления SEMS	102
1.8. Нейропроцессорная система автоматического управле- ния модуля SEMS	108
1.9. Методы борьбы с заклиниванием в системах автомати- ческого управления модулей SEMS	114
Заключение	121
Литература	124
Глава 2. Центральная нервная система	128
2.1. Проблемы создания центральной нервной системы SEMS	128
2.2. Формирование образов на основе сенсорных данных роботов	142
2.3. Формирование языка ощущений робота	147
2.4. Классификация образов в центральной нервной систе- ме	156
2.5. Система классификации образов	165
2.6. Принятие поведенческих решений на основе решения систем логических уравнений	170
2.7. Логико-математическая модель принятия решений в центральной нервной системе SEMS	179
2.8. Использование бинарных отношений при принятии ре- шения	182
2.9. Сведение логико-вероятностных и логико-лингвисти- ческих ограничений к интервальным	194
Заключение	206
Литература	210
Глава 3. Групповое управление	217
3.1. Принципы ситуационного управления группой SEMS ..	217
3.2. Ситуационное управление при групповом взаимодей- ствии SEMS	222

3.3. Синтез оптимального программного управления для синхронизации движений группы модулей SEMS	232
3.4. Использование диаграмм влияния при групповом управлении SEMS	244
3.5. Безопасное управление группой SEMS	256
3.6. Методы и алгоритмы управления движением группы SEMS	262
3.7. Оценки группового интеллекта SEMS в РТС	267
3.8. Программный комплекс для тестирования моделей оценки группового интеллекта	274
Заключение	287
Литература	291
Глава 4. Примеры применения модулей SEMS	296
4.1. Медицинский микроробот	296
4.2. Управляемые реснитчатые движители	300
4.3. Жгутиковый движитель	312
4.4. Адаптивный захват	317
4.5. Система автоматического управления адаптивным захватом	330
4.6. Тестовая модель робота автопогрузчика для системы анализа ситуационного управления	336
4.7. Использование платформы на основе модулей SEMS для получения радиоизображений в астрономии	349
4.8. Групповое взаимодействие модулей SEMS при управлении адаптивной поверхностью главного зеркала	365
4.9. Система актуаторов SEMS для контррефлектора космического радиотелескопа	374
4.10. Антенна космического радиотелескопа	384
Заключение	407
Литература	412